

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

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала
А.С. Тайбинский
М.п. ВНИИМ
« 17 » апреля 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ УПСГ-1600

Методика поверки
МП 1803-13-2026

Заместитель директора
филиала по науке – и.о. начальника
научно-исследовательского отдела

А.И. Горчев

Казань
2026

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика применяется для поверки установки поверочной УПСГ-1600 (далее – установка), используемой в качестве рабочего эталона 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений объемного и массового расходов газа, утвержденной приказом Росстандарта от 11 мая 2022 г. № 1133 и устанавливает последовательность и методику ее первичных и периодических поверок.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизведения объёмного расхода газа*, м ³ /ч	от 0,1 до 1600,0
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) воспроизведения объёмного расхода и объема газа, %	±0,3
*Диапазон воспроизведения расхода определяется набором критических сопел и не превышает указанного значения	

1.2 Установка предназначена для измерений, воспроизведения, хранения и передачи единиц объема и объемного расхода газа.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единиц объемного и массового расходов газа в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 11 мая 2022 г. № 1133 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа», подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа (ГЭТ 118-2017) методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Операции поверки

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 измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9
Оформление результатов поверки средства измерений	Да	Да	11
Примечание – При получении отрицательных результатов поверки по какому-либо пункту методики поверки поверку установки прекращают			

3 Требования к условиям проведения поверки средства измерений

3.1 При опробовании и определении метрологических характеристик должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7;
- допускаемое изменение температуры рабочей и окружающей среды не более ± 1 °C/ч.

3.2 Измеряемая среда – воздух.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 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.

К проведению поверки допускаются лица, изучившие данную методику и эксплуатационную документацию на установку.

Работы по проведению поверки установки допускается проводить одному специалисту

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017. 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

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений, п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Средство измерений влажности, температуры и атмосферного давления. Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90 %; пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2,0$ %. Диапазон измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С; Пределы абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3$ °С. Диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа. Пределы абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 2,5$ гПа.	Термогигрометр ИВА-6Н, регистрационный № 46434-11
	Средство измерений интервалов времени. Емкость шкалы 60 с, 60 мин. Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,6$ с на длительности 600 с, пределы допускаемой основной погрешности $\pm 1,8$ с на длительности 3600 с.	Секундомер механический СОСпр, регистрационный № 11519-11
Примечания: 1. Эталоны и средства измерений, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы или иметь действующие положительные сведения о поверке, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. 2. Допускается использовать при поверке другие утвержденные и/или аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

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 поверяемую установку, изложенные в их эксплуатационных документах.

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

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

6.4 Подключение средств поверки к установке проводится в соответствии с эксплуатационными документами средств поверки и установки.

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

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие установки следующим требованиям:

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

7.2 Проверить наличие сведений о поверке установки (при периодической поверке), средств измерений, входящих в состав установки: знак поверки в паспорте и/или запись в информационном фонде по обеспечению единства измерений.

7.3 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, приведенные в п. 7.1–7.2 или отрицательными, 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:

- проверить выполнение условий по п. 3 и п. 6 настоящей методики поверки;
- подготовить установку и средства поверки к работе согласно эксплуатационной документации;
- включить и прогреть установку не менее 40 мин;
- проверить работоспособность установки в соответствии с руководством по эксплуатации;
- проверить герметичность эталонного блока установки в соответствии с п. 8.2.

8.2 Проверка герметичности установки

Проверке герметичности подвергается участок от входа в измерительную магистраль до места установки СК.

Для измерения разрежения в проверяемом участке используют СИ разрежения из состава установки.

Входы в измерительную магистраль закрывают заглушками. Устанавливают имитатор-заглушку на место установки сопел критических (далее – СК). Подключают вакуумный насос через тройник с краном в проверяемый участок. Создают разрежение в проверяемом участке не менее чем 1600 Па, закрывают кран на тройнике. Отключают вакуумный насос. Вне участка проверки герметичности давление выравнивают с

атмосферным.

По истечении не менее 10 минут для стабилизации температуры, фиксируются начальные значения разрежения dP_n , Па, атмосферного давления $P_{ан}$, Па и температуры воздуха в участке t_n , °С. Начальное значение разрежения должно быть не менее 1400 Па.

По истечении следующих 5 минут фиксируется конечное значение разрежения dP_k , Па, атмосферного давления $P_{ак}$, Па и температуры воздуха в участке t_k , °С.

Рассчитывают расход утечки $Q_{ут}$, м³/ч, по следующей формуле

$$Q_{ут} = \frac{V_{уч}}{\tau_z} \cdot \left[\frac{(P_{ак} - dP_k) \cdot (t_n + 273,15)}{(P_{ан} - dP_n) \cdot (t_k + 273,15)} - 1 \right] \cdot 60, \quad (1)$$

где $V_{уч}$ – внутренний объем участка, подвергаемого проверке на герметичность, м³;
 τ_z – время проверки герметичности, мин.

Рассчитывают максимально допустимый расход утечки $Q_{ут\max}$, м³/ч, по следующей формуле

$$Q_{ут\max} = Q_{\min} \cdot \frac{\delta_{уст}}{100} \cdot \frac{1}{3}, \quad (2)$$

где $Q_{\min}$ – наименьший объемный расход, воспроизводимый эталоном, м³/ч;
 $\delta_{уст}$ – доверительные границы относительной погрешности эталона, %.

Установка считается герметичной, если выполняется условие

$$Q_{ут} \leq Q_{ут\max}, \quad (3)$$

Результаты проверки герметичности установки считают отрицательными, если условие герметичности (3) не выполняется. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8.3 Опробование

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 индикаторах СИ показаний разряжения и перепада давления, давления, температуры и относительной влажности воздуха, отсчета времени прохождения измеряемой среды на секундомере;

Результаты проверки считают положительными, если:

- установка обеспечивает воспроизведение объемного расхода воздуха в диапазоне от наименьшего до наибольшего значений расхода;
- на дисплеях и индикаторах СИ разряжения, перепада давления, давления, температуры и относительной влажности воздуха, отсчета времени прохождения контрольного объема воздуха, присутствуют показания измеренных значений;
- измеренное установкой время прохождения контрольного объема измеряемой среды индицируется на табло секундомера.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8.4 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 установку устанавливают поочередно минимальный и максимальный расход с последующей регистрацией значений расхода.

В соответствии с руководством по эксплуатации включают установку в режим 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, входящих в состав установки.

Для проверки выполнения критического режима измерений необходимо выполнить следующие операции:

- установить сопло, соответствующее максимальному воспроизводимому расходу установки 1600 м³/ч;
- снять заглушку на входе в установку;
- включить вакуумный насос;
- после установления стационарного режима зарегистрировать показания датчиков давления, установленных до и после эталонного сопла;
- рассчитать отношение

$$E = \frac{P_{вх}}{P_{вых}} \quad (4)$$

где $P_{вх}$ – показания абсолютного давления, на участке до эталонного сопла, кПа;

$P_{вых}$ – показания абсолютного давления, на участке после эталонного сопла, кПа.

Повторить процедуру для наименьшего расхода 0,1 м³/ч.

Результаты испытаний считают положительными, если

- выполняется условие $E \geq 1,25$;
- наименьший и наибольший объемный расход составляют не менее наименьшего и наибольшего объемных расходов, указанных в паспорте;

При отрицательном результате выполнение дальнейших испытаний прекращают.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

9.1 Определение диапазона воспроизведения объемного расхода газа

9.1.1 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 $P_{атм}$).

Изменение температуры измеряемой среды в процессе проверки СК не более 0,1 °С.

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- Эталонные установки

Расходная характеристика СК, м ³ /ч	Тип ЭУ
от 20 до 2000	ЭУ-2
от 1 до 20	ЭУ-3
от $3 \cdot 10^{-4}$ до 1	ЭУ-5

9.1.2 Проведение определения расходной характеристики СК на эталонной установке 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 5.

Таблица 5 – Компараторы

Расходная характеристика СК, м ³ /ч	№ компаратора/ов
ЭУ-2	
от 20 до 60	№ 4
от 60 до 200	№ 4+№ 5
от 200 до 400	№ 4+№№ 5,6
от 400 до 600	№ 4+№№ 5,6,7
от 600 до 800	№ 4+№№ 5,6,7,8
от 800 до 2000	№ 4+№№ 5,6,7,8,9
ЭУ-3	
от 0,4 до 6	№1
от 6 до 20	№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.

Проводят цикл измерений, включающий три этапа:

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 °С. В противном случае результаты измерения аннулируют и измерения повторяют.

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

$$Q_{v20,60} = \Delta P \left[\frac{Q_{эт1}}{\Delta P_1} + \frac{\Delta P - \Delta P_1}{\Delta P_2 - \Delta P_1} \left(\frac{Q_{эт2}}{\Delta P_2} - \frac{Q_{эт1}}{\Delta P_1} \right) \right], \quad (5)$$

где $Q_{v2,60}$ – расходная характеристика проверяемого СК, м³/ч;

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

$Q_{эт2}$ – значение расхода эталонного СК с расходом выше, чем у проверяемого СК, м³/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.

Проводят усреднение значений объемного расхода СК по формуле:

$$\bar{Q}_{v20,60} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{v20,60i}, \quad (6)$$

где $Q_{v2,60i}$ – значение объемного расхода калибруемого СК, приведенного к стандартным условиям, определенное при i-ом цикле измерений;

n – количество измерений.

9.1.3 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.

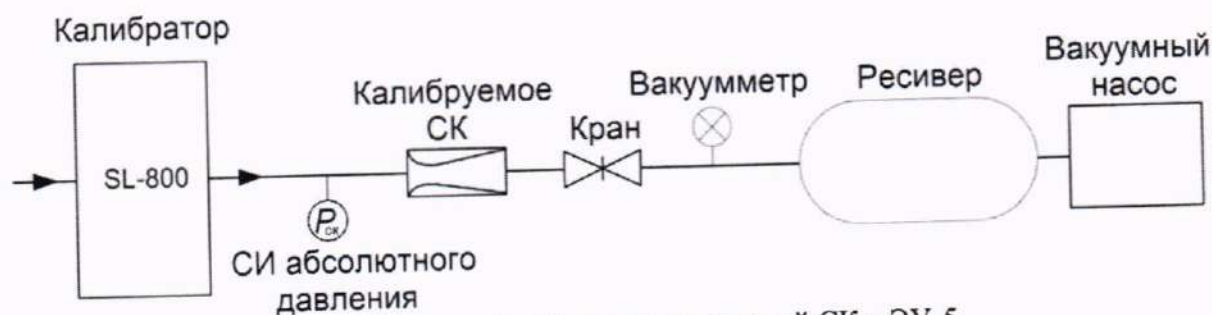


Рисунок 1 - Схема подключений СК к ЭУ-5

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

Таблица 6 – Измерительные ячейки

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

Кран после СК устанавливают в положение «Закрыто», включают вакуумный насос

и создают в системе вакуумметрическое давление (разрежение) не менее 65 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:

$$Q_{v20,60i} = Q_v \cdot \sqrt{\frac{293,15}{273,15+t_k}} \cdot \frac{P_k}{P_{ск}} \cdot K_{t,\phi}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7)$$

где $Q_{v20,60i}$ – 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_k – температура воздуха по показаниям калибратора SL-800, °С;

P_k – абсолютное давление по показаниям калибратора SL-800, Па;

$P_{ск}$ – абсолютное давление по показаниям СИ абсолютного давления перед СК, Па;

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

Проводят усреднение значений объёмного расхода СК по формуле:

$$\bar{Q}_{v20,60} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{v20,60i}, \quad (8)$$

где $Q_{v20,60i}$ – значение объёмного расхода СК, приведенного к температуре 20 °С и относительной влажности 60 %, определенное при i -ом измерении;

n – количество измерений.

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

Расчет неопределенности измерений при определении расходной характеристики СК на эталонной установке ЭУ-3.

Стандартную неопределенность по типу А $u_A(Q_{v20,60})$, %, определяют по формуле

$$u_A(Q_{v20,60}) = m \cdot \frac{100}{\bar{Q}_{v20,60}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{v20,60i} - \bar{Q}_{v20,60})^2}{n \cdot (n-1)}}, \% \quad (9)$$

где $m = \sqrt{\frac{n-1}{n-3}}$ при количестве циклов измерений $n < 10$ и $m = 1$ при $n \geq 10$.

Стандартную неопределенность по типу В $u_B(Q_{v20,60})$, %, определяют по формуле

$$u_B(Q_{v20,60}) = \frac{U_p(\text{ЭУ})}{2}, \% \quad (10)$$

где $U_p(\text{ЭУ})$ – расширенная неопределенность применяемой эталонной установки при измерении объёмного расхода газа, %;

Значения суммарной стандартной неопределенности определения расходной характеристики СК, $u_c(Q_{v20,60})$, %, рассчитывают по формуле

$$u_c(Q_{v20,60}) = \sqrt{[u_A(Q_{v20,60})]^2 + [u_B(Q_{v20,60})]^2}, \% \quad (11)$$

Значения расширенной неопределенности определения расходной характеристики СК $U_p(Q_{v20,60})$, % рассчитывают по формуле:

$$U_p(Q_{v20,60}) = k \cdot u_c(Q_{v20,60}), \% \quad (12)$$

где k – коэффициент охвата ($k = 2$ при доверительной вероятности 95 %).

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

Значение стандартной неопределенности по типу А $u_A(Q_{v20,60})$ определяют по формуле

$$u_A(Q_{v20,60}) = \frac{100}{\bar{Q}_{v20,60}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{v2,60i} - \bar{Q}_{v2,60})^2}{n \cdot (n-1)}}, \% \quad (13)$$

9.2 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа

Допускается использование значения относительной расширенной неопределенности из сертификатов калибровки СК (при их наличии).

Уравнения измерений объемного расхода Q_{vp} , м³/ч и объема V_p , м³:

$$Q_{vp} = \sqrt{\frac{(t_{KC} + 273,15)}{293,15}} \cdot \frac{(P_A - \Delta P_{KC})}{(P_A - \Delta P_{РСИ})} \cdot \frac{(t_{РСИ} + 273,15)}{(t_{KC} + 273,15)} \cdot \frac{1}{K_{T,\phi}} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{v20,60i}, \quad (14)$$

$$V_p = Q_{vp} \cdot \frac{\tau}{3600}, \quad (15)$$

где $Q_{v20,60i}$ – значение расхода при температуре 20 °С и относительной влажности 60 % через i -ое КС, определенное по формулам (5) и (7), м³/ч;

n – количество включенных сопел;

t_{KC} – температура воздуха перед КС, °С;

$t_{РСИ}$ – температура воздуха перед рабочим средством измерений (далее – РСИ), °С;

P_A – атмосферное давление, кПа;

ΔP_{KC} – разность (перепад) давления перед КС, кПа;

$\Delta P_{РСИ}$ – разность (перепад) давления перед РСИ, кПа;

$K_{T,\phi}$ – коэффициент, учитывающий влажность воздуха, выбирается из таблицы, приведенной в Приложении А;

τ – время измерений, с.

Относительные суммарные стандартные неопределенности измерений объемного расхода $u_c(Q_{vp})$, % и объема $u_c(V_p)$, % определяют по формулам:

$$u_c(Q_{vp}) = \sqrt{\left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial Q_{v20,60}}\right)^2 u_c(Q_{v20,60})^2 + \left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial t_{KC}}\right)^2 u_c(t_{KC})^2 + \left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial t_{РСИ}}\right)^2 u_c(t_{РСИ})^2 + \left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial P_A}\right)^2 u_c(P_A)^2 + \left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial \Delta P_{KC}}\right)^2 u_c(\Delta P_{KC})^2 + \left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial \Delta P_{РСИ}}\right)^2 u_c(\Delta P_{РСИ})^2 + \left(\frac{\partial Q_{vp}}{\partial K_{T,\phi}}\right)^2 u_c(K_{T,\phi})^2}, \quad (16)$$

$$u_c(V_p) = \sqrt{u_c(Q_{vp})^2 + u_c(\tau)^2}, \quad (17)$$

где $u_c(Q_{V20,60}), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial Q_{V20,60}}$ – относительная стандартная неопределенность КС и коэффициент чувствительности $Q_{V20,60}$, %;

$u_c(t_{KC}), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial t_{KC}}$ – относительная стандартная неопределенность измерения температуры t_{KC} и ее коэффициент чувствительности, %;

$u_c(t_{PCH}), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial t_{PCH}}$ – относительная стандартная неопределенность измерения температуры t_{PCH} и ее коэффициент чувствительности, %;

$u_c(P_A), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial P_A}$ – относительная стандартная неопределенность измерения атмосферного давления и его коэффициент чувствительности, %;

$u_c(\Delta P_{KC}), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial \Delta P_{KC}}$ – относительная стандартная неопределенность измерения разности (перепада) давления ΔP_{KC} и его коэффициент чувствительности, %;

$u_c(\Delta P_{PCH}), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial \Delta P_{PCH}}$ – относительная стандартная неопределенность измерения разности (перепада) давления ΔP_{PCH} и его коэффициент чувствительности, %;

$u_c(K_{T,\phi}), \frac{\partial Q_{vp}}{\partial K_{T,\phi}}$ – относительная стандартная неопределенность вычисления коэффициента $K_{T,\phi}$ и его коэффициент чувствительности, %;

$u_c(\tau)$ – относительная стандартная неопределенность измерения времени, %.

Коэффициенты чувствительности определяются по следующим формулам:

$$\frac{\partial Q_{vp}}{\partial Q_{V20,60}} = \frac{\partial Q_{vp}}{\partial K_{T,\phi}} = \frac{\partial Q_{vp}}{\partial t_{PCH}} = 1, \quad (18)$$

$$\frac{\partial Q_{vp}}{\partial t_{KC}} = -\frac{1}{2}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial Q_{vp}}{\partial P_A} = \frac{P_A \cdot (\Delta P_{KC} - \Delta P_{PCH})}{(P_A - \Delta P_{PCH}) \cdot (P_A - \Delta P_{KC})}, \quad (20)$$

$$\frac{\partial Q_{vp}}{\partial P_{KC}} = -\frac{\Delta P_{KC}}{P_A - \Delta P_{KC}}, \quad (21)$$

$$\frac{\partial Q_{vp}}{\partial P_{PCH}} = \frac{\Delta P_{PCH}}{P_A - \Delta P_{PCH}} \quad (22)$$

Относительная стандартная неопределенность КС $u_c(Q_{V20,60})$, % определяется по формуле:

$$u_c(Q_{V20,60}) = \frac{U_p(Q_{V20,60})}{2}, \quad (23)$$

где $U_p(Q_{V20,60})$ – расширенная неопределенность КС, определенная по формуле (12), %.

Относительная стандартная неопределенность измерения температуры воздуха перед КС $u_c(t_{КС})$, % определяется по формуле:

$$u_c(t_{КС}) = \frac{\delta t_{КС}}{\sqrt{3}}, \quad (24)$$

где $\delta t_{КС}$ – относительная погрешность измерения температуры воздуха перед КС, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения температуры воздуха перед РСИ $u_c(t_{РСИ})$, % определяется по формуле:

$$u_c(t_{РСИ}) = \frac{\delta t_{РСИ}}{\sqrt{3}}, \quad (25)$$

где $\delta t_{РСИ}$ – относительная погрешность измерения температуры воздуха перед РСИ, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения атмосферного давления $u_c(P_A)$, % определяется по формуле:

$$u_c(P_A) = \frac{\delta P_A}{\sqrt{3}}, \quad (26)$$

где δP_A – относительная погрешность измерения атмосферного давления, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения разности (перепада) давления перед КС $u_c(\Delta P_{КС})$, % определяется по формуле:

$$u_c(\Delta P_{КС}) = \frac{\delta \Delta P_{КС}}{\sqrt{3}}, \quad (27)$$

где $\delta \Delta P_{КС}$ – относительная погрешность измерения разности (перепада) давления перед КС, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения разности (перепада) давления перед РСИ $u_c(\Delta P_{РСИ})$, % определяется по формуле:

$$u_c(\Delta P_{РСИ}) = \frac{\delta \Delta P_{РСИ}}{\sqrt{3}}, \quad (28)$$

где $\delta \Delta P_{РСИ}$ – относительная погрешность измерения разности (перепада) давления перед РСИ, %.

Относительная стандартная неопределенность вычисления коэффициента $K_{T,\phi}$, % определяется по формуле:

$$u_c(K_{T,\phi}) = \sqrt{(0,002)^2 u_c(t_\phi)^2 + (0,004)^2 u_c(P_A)^2 + (0,002)^2 u_c(\phi)^2}, \quad (29)$$

где $u_c(t_\phi)$ – относительная стандартная неопределенность измерения температуры окружающей среды в помещении эталона, %;

$u_c(\phi)$ – относительная стандартная неопределенность измерения относительной влажности воздуха, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения температуры окружающей среды в помещении эталона $u_c(t_\phi)$, % определяется по формуле:

$$u_c(t_\phi) = \frac{\delta t_\phi}{\sqrt{3}}, \quad (30)$$

где δt_ϕ – относительная погрешность измерения температуры окружающей среды в помещении эталона, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения относительной влажности воздуха $u_c(\phi)$, % определяется по формуле:

$$u_c(\phi) = \frac{\delta \phi}{\sqrt{3}}, \quad (31)$$

где $\delta \phi$ – относительная погрешность измерения относительной влажности воздуха, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения времени $u_c(\tau)$, % определяется по формуле:

$$u_c(\tau) = \frac{\delta \tau}{\sqrt{3}}, \quad (32)$$

где $\delta \tau = \pm 0,05$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени, %.

Относительную погрешность измерения температуры воздуха перед КС $\delta t_{КС}$, % определяют по формуле:

$$\delta t_{КС} = \frac{\Delta t_{КС}}{(t_{КС} + 273,15)} \cdot 100, \quad (33)$$

где $\Delta t_{КС} = \pm 0,1$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха перед КС, °С;

Относительную погрешность измерения температуры воздуха перед РСИ $\delta t_{РСИ}$, % определяют по формуле:

$$\delta t_{РСИ} = \frac{\Delta t_{РСИ}}{(t_{РСИ} + 273,15)} \cdot 100, \quad (34)$$

где $\Delta t_{РСИ} = \pm 0,1$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха перед РСИ, °С;

Относительную погрешность измерения атмосферного давления δP_A , %, определяют по формуле:

$$\delta P_A = \frac{P_{A\max} - P_{A\min}}{P_A} \cdot \gamma P_A, \quad (35)$$

где $\gamma P_A = \pm 0,1$ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений атмосферного давления, кПа;

$P_{A\max} = 106$ – верхний предел измерений атмосферного давления, кПа;

$P_{A\min} = 80$ – нижний предел измерений атмосферного давления, кПа.

Относительную погрешность измерения разности (перепада) давления перед КС $\delta \Delta P_{КС}$, %, определяют по формуле:

$$\delta \Delta P_{КС} = \frac{\Delta P_{КС\max} - \Delta P_{КС\min}}{\Delta P_{КС}} \cdot \gamma \Delta P_{КС}, \quad (36)$$

где $\gamma \Delta P_{КС} = \pm 0,5$ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений разности (перепада) давления перед КС, %;

$\Delta P_{КС\max} = 10$ – верхний предел измерений разности (перепада) давления перед КС, кПа;

$\Delta P_{КС\min} = 0$ – нижний предел измерений разности (перепада) давления перед КС, кПа.

Относительную погрешность измерения разности (перепада) давления перед РСИ $\delta \Delta P_{РСИ}$, %, определяют по формуле:

$$\delta \Delta P_{РСИ} = \frac{\Delta P_{РСИ\max} - \Delta P_{РСИ\min}}{\Delta P_{РСИ}} \cdot \gamma \Delta P_{РСИ}, \quad (37)$$

где $\gamma \Delta P_{РСИ} = \pm 0,25$ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений разности (перепада) давления перед РСИ, %;

$\Delta P_{РСИ\max} = 10$ – верхний предел измерений разности (перепада) давления перед РСИ, кПа;

$\Delta P_{РСИ\min} = 0$ – нижний предел измерений разности (перепада) давления перед РСИ, кПа.

Относительную погрешность измерения температуры окружающей среды в помещении эталона δt_ϕ , % определяют по формуле:

$$\delta t_\phi = \frac{\Delta t_\phi}{(t_\phi + 273,15)} \cdot 100, \quad (38)$$

где Δt_ϕ – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений температуры окружающей среды в помещении эталона, °C;

Относительную погрешность измерения относительной влажности воздуха определяют по формуле:

$$\delta \varphi = \frac{\sqrt{\Delta \varphi_o^2 + \Delta \varphi_d^2}}{\varphi} \cdot 100, \quad (39)$$

где $\Delta \varphi_o$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности средства измерений относительной влажности воздуха, %;

$\Delta \varphi_d$ – пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности средства измерений относительной влажности воздуха, %;

φ – относительная влажность воздуха.

Относительную расширенную неопределенность измерения объемного расхода и объема определяют по формулам:

$$U_p(Q_{Vp}) = k \cdot u_{с\max}(Q_{Vp}), \quad (40)$$

$$U_p(V_p) = k \cdot u_{с\max}(V_p), \quad (41)$$

где $u_{с\max}(Q_{Vp})$ – максимальное из значений $u_c(Q_{Vp})$, определяемых по формуле (18);

$u_{с\max}(V_p)$ – максимальное из значений $u_c(V_p)$, определяемых по формуле (19);

k – коэффициент охвата ($k = 2$ при доверительной вероятности 95%).

На основании рекомендации COOMET R/GM/32:2017 «Рекомендация KOOMET. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределённости» при определении доверительных границ относительной погрешности (с доверительной вероятностью $P=0,95$) $\pm \delta_0$, %, при измерениях объемного расхода и объема газа принимается, соответственно:

$$\delta_0(Q_{Vp}) = U_p(Q_{Vp}), \quad (42)$$

$$\delta_0(V_p) = U_p(V_p) \quad (43)$$

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

9.4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Производится проверка соответствия метрологических характеристик, определенных в разделе 9, с метрологическими характеристикам, приведенными в Таблице 1. При положительных результатах поверки по п. п. 9.1 – 9.3 установка считается соответствующей, установленным метрологическим требованиям.

В случае положительного результата поверки, установка соответствует требованиям, предъявляемым к эталонам 1 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 11 мая 2022 № 1133.

10 Оформление результатов поверки средства измерений

10.1. Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

10.2 Знак поверки наносится в паспорте и/или на свидетельство о поверке (при его наличии).

10.3 Результаты поверки оформляются в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения 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 мая 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.

Приложение А

Таблица значений поправочного коэффициента на влажность $K_{T,\phi}$

		Температура, °C																				
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Относительная влажность, %	10	1,00219	1,00217	1,00215	1,00214	1,00213	1,00211	1,00207	1,00206	1,00204	1,00202	1,00200	1,00199	1,00197	1,00191	1,00185	1,00184	1,00182	1,00177	1,00172	1,00158	1,00144
	15	1,00209	1,00206	1,00203	1,00201	1,00199	1,00196	1,00192	1,00189	1,00187	1,00184	1,00180	1,00178	1,00175	1,00168	1,00160	1,00157	1,00153	1,00151	1,00148	1,00128	1,00107
	20	1,00198	1,00195	1,00191	1,00188	1,00185	1,00181	1,00176	1,00173	1,00169	1,00165	1,00160	1,00156	1,00152	1,00144	1,00135	1,00130	1,00124	1,00116	1,00108	1,00090	1,00072
	25	1,00187	1,00183	1,00179	1,00175	1,00171	1,00166	1,00161	1,00156	1,00151	1,00146	1,00140	1,00133	1,00126	1,00118	1,00110	1,00098	1,00095	1,000855	1,00076	1,00062	1,00047
	30	1,00177	1,00172	1,00167	1,00162	1,00157	1,00152	1,00146	1,00140	1,00133	1,00127	1,00120	1,00111	1,00103	1,00094	1,00085	1,00075	1,00066	1,00055	1,00044	1,00033	1,00022
	35	1,00166	1,00161	1,00155	1,00150	1,00144	1,00137	1,00130	1,00123	1,00115	1,00108	1,00100	1,00090	1,00080	1,00070	1,00059	1,00048	1,00037	1,00025	1,00012	0,99999	0,99986
	40	1,00156	1,00150	1,00143	1,00137	1,00130	1,00122	1,00114	1,00106	1,00097	1,00087	1,00080	1,00069	1,00057	1,00046	1,00034	1,00029	1,00008	0,99994	0,9998	0,99965	0,9995
	45	1,00146	1,00138	1,00130	1,00123	1,00116	1,00105	1,00093	1,00083	1,00074	1,00067	1,00060	1,00050	1,00039	1,00023	1,00007	0,99994	0,9998	0,99965	0,9995	0,9993	0,99915
	50	1,00135	1,00127	1,00118	1,00110	1,00102	1,00087	1,00072	1,00062	1,00051	1,00045	1,00040	1,00031	1,00012	0,99996	0,9998	0,9997	0,9995	0,99935	0,9992	0,9990	0,9988
	55	1,00125	1,00116	1,00106	1,00097	1,00089	1,00076	1,00062	1,00051	1,00039	1,00030	1,00020	1,00003	0,99986	0,9991	0,9996	0,9994	0,9992	0,9990	0,9988	0,9986	0,9984
	60	1,00114	1,00104	1,00094	1,00085	1,00075	1,00064	1,00052	1,00039	1,00026	1,00013	1,00000	0,9998	0,9996	0,99945	0,9993	0,9991	0,9989	0,99865	0,9984	0,9982	0,9980
	65	1,00103	1,00093	1,00082	1,00072	1,00061	1,00049	1,00036	1,00022	1,00008	0,99994	0,9998	0,9996	0,9994	0,9993	0,9991	0,9989	0,9986	0,9984	0,9981	0,9978	0,99755
70	1,00093	1,00082	1,00070	1,00059	1,00047	1,00034	1,00021	1,00006	0,9999	0,99975	0,9996	0,9994	0,9992	0,9990	0,9988	0,9986	0,9983	0,9981	0,9978	0,99755	0,9973	
75	1,00083	1,00070	1,00057	1,00046	1,00033	1,00020	1,00006	0,9999	0,9997	0,99955	0,9994	0,9992	0,9990	0,9988	0,99855	0,9983	0,9981	0,9978	0,9975	0,9972	0,9969	
80	1,00072	1,00058	1,00045	1,00032	1,00019	1,00005	0,9999	0,99975	0,99955	0,99935	0,9992	0,9990	0,9988	0,99855	0,9983	0,9981	0,9978	0,9975	0,9972	0,99685	0,9965	
85	1,00062	1,00048	1,00034	1,00019	1,00005	0,9999	0,99975	0,99955	0,99935	0,99918	0,9990	0,9988	0,9986	0,9983	0,9980	0,9978	0,9975	0,9972	0,99685	0,9965	0,9962	
90	1,00051	1,00037	1,00023	1,00007	0,9999	0,99975	0,9996	0,9994	0,9992	0,9990	0,9988	0,99855	0,9983	0,9981	0,9978	0,9975	0,9972	0,9968	0,9965	0,9962	0,9959	