

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. _____
« 28 » апреля 2026 г.

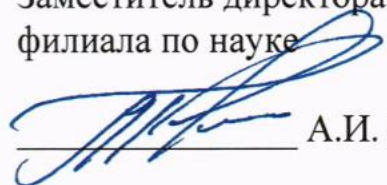


Государственная система обеспечения единства измерений

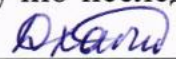
УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ СПУ-7

Методика поверки
МП 1812-13-2026

Заместитель директора
филиала по науке

 А.И. Горчев

Зам. начальника
научно-исследовательского отдела

 Д.Д. Хабибуллина
Тел. отдела: (843)272-11-24

г. Казань
2026 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика применяется для поверки установок СПУ-7 (далее – установки), используемых в качестве рабочего эталона 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений объемного и массового расходов газа, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 г. № 1133 и устанавливает последовательность и методику их первичных и периодических поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики установки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
Модификация установки	Р	С (С1)
Максимальное значение воспроизводимого и измеряемого объёмного расхода воздуха (верхний предел измерений) ¹⁾ , м ³ /ч	5000	16000 (1600) ²⁾
Минимальное значение воспроизводимого и измеряемого объёмного расхода воздуха (нижний предел измерений) ¹⁾ , м ³ /ч	0,04	0,04 (0,006) ²⁾
Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения объема и объёмного расхода при доверительной вероятности 0,95, %	±0,33	Исполнение А ±0,2 (при использовании СК с расширенной неопределенностью 0,17 %) Исполнение Б ±0,25 (при использовании СК с расширенной неопределенностью 0,2 %) Исполнение В ±0,3 (при использовании СК с расширенной неопределенностью 0,25 %)
Относительная погрешность измерения количества импульсов, %	±0,02	±0,01
Диапазон измерений времени, с	от 1 до 3600	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени, %	±0,025	±0,01
Примечания		
¹⁾ Указаны максимальные и минимальные значение воспроизводимого и измеряемого объёмного расхода воздуха. Значения для конкретного экземпляра установки указывается в паспорте установки.		
²⁾ В скобках указаны значения для варианта С1, отличающиеся от модификации С.		

1.2 Установки поверочные СПУ-7 (далее – установки) предназначены для воспроизведения и измерения объёмного расхода и объема 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 11.05.2022 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.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы времени в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 26.09.2022 №2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты», подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени методом прямых измерений интервалов времени.

2 Перечень операций поверки средства измерений

Для поверки установок 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	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
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

При опробовании и определении метрологических характеристик должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °С;
 - относительная влажность окружающего воздуха до 80 %;
 - атмосферное давление от 94,0 до 104,6 кПа (от 705 до 784,5 мм рт. ст.);
 - допускаемое изменение температуры рабочей и окружающей среды не более ± 1 °С/ч.
- Измеряемая среда – воздух.

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.

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

Работы по проведению поверки установок допускается проводить одному специалисту.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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 и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	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 (далее – ГЭТ)
	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
	Рабочий эталон единиц времени и частоты 5-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной Приказом Росстандарта от 26.09.2022 №2360. Диапазон измерений интервалов времени от 0,0001 до 99,9999 при цене деления 0,0001 с; 0,01 до 9999,99 при цене деления 0,01 с; от 1 до 86399 при цене деления 1 с, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения и воспроизведения интервалов времени $\pm (15 \cdot 10^{-6} \cdot T + 0,0002)$ при цене деления 0,0001 с; $\pm (15 \cdot 10^{-6} \cdot T + 0,01)$ при цене деления 0,01 с; $\pm (15 \cdot 10^{-6} \cdot T + 1)$ при цене деления 1 с, где T – измеренное значение интервала времени	Секундомер электронный с таймерным выходом СТЦ-2М, регистрационный № 65349-16
	Рабочий эталон единиц времени и частоты 5-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной Приказом Росстандарта от 26.09.2022 №2360. Диапазон воспроизведений сигналов синусоидальной и прямоугольной формы от $1 \cdot 10^{-6}$ Гц до 10^6 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ %.	Генератор сигналов специальной формы АКИП-3409/1А, регистрационный № 75788-19

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 аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, 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

7.1.1 Перед проведением внешнего осмотра установки должно быть установлено наличие следующей документации:

1) свидетельство о поверке установки (при наличии), запись о проведенной поверке в информационном фонде по обеспечению единства измерений при периодической поверке;

2) свидетельства о поверке на измеритель влажности и температуры/ термогигрометр (при наличии), запись о проведенной поверке в информационном фонде по обеспечению единства измерений;

3) паспорт;

4) руководство по эксплуатации;

5) для установок СПУ-7 модификации Р – сертификат калибровки на расходомеры газа. Калибровка расходомеров газа должна быть выполнена с применением государственного первичного эталона единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 в соответствии с утвержденной методикой калибровки.

7.1.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида установки описанию и изображению, приведенному в описании типа;

- соответствие комплектности установки приведенному в описании типа;

- отсутствие механических повреждений элементов конструкции установки, отсутствия ржавчины на элементах конструкции;

- отсутствие видимых разрушений и сколов на лакокрасочных и гальванических покрытиях деталей и агрегатов установки;

- отсутствие механических повреждений кабелей и соединительных трубопроводов;

- отсутствие визуально обнаруживаемых дефектов (в виде забоин, раковин, уступов) и загрязнений.

При несоответствии установки указанным требованиям дальнейшая поверка не проводится, результат считается отрицательным.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверку выполнения условий п.3 и п.4 настоящей методики;
- подготовку установки к работе согласно эксплуатационной документации.

8.1 Проверка герметичности установок.

8.1.1 Проверка герметичности установок модификации Р

Проверке герметичности подвергается участок от входа в измерительную магистраль до запорных кранов, установленных в линиях после эталонных преобразователей.

При проверке герметичности установки используют показания преобразователя абсолютного (атмосферного) давления и преобразователя давления, предназначенного для измерения перепада давления на эталонном расходомере наибольшего диаметра на линии высоких расходов и перепада давления на эталонном расходомере наименьшего диаметра на линии низких расходов.

На входе в измерительную магистраль устанавливается заглушка. Включают воздухоподку и при достижении перепада давления 2500 Па по показаниям преобразователя давления закрывают кран после эталонного расходомера.

Выдерживают не менее 10 минут для термостабилизации.

По истечении не менее 10 минут фиксируются начальные значения давления P_n , Па и температуры воздуха в участке t_n , °C. Начальное значение давления должно быть не более 2500 Па. По истечении следующих 15 минут фиксируется конечное значение давления P_k , Па и температуры воздуха в участке t_k , °C. Установка считается герметичной, если выполняется условие

Установка считается герметичной, если выполняется условие (1).

$$\frac{V_{уч}}{\tau} \cdot \left[\frac{(P_{атм} - P_k) \cdot (t_n + 273.15)}{(P_{атм} - P_n) \cdot (t_k + 273.15)} - 1 \right] \cdot 60 \leq Q_{min} \cdot \frac{\delta_{уст}}{100} \cdot \frac{1}{4}, \quad (1)$$

где

$V_{уч}$ – внутренний объем участка, подвергаемого проверки на герметичность, м³;

τ – время измерений, мин;

$P_{атм}$ – значение атмосферного давления по показаниям преобразователя абсолютного давления из комплекта установки, Па;

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

$\delta_{уст}$ – доверительные границы относительной погрешности воспроизведения объема и объемного расхода при доверительной вероятности 0,95, %.

8.1.2 Проверка герметичности установок модификации С (С1)

Проверке герметичности подвергается участок от входа в каждую измерительную магистраль (если их несколько) до места установки СК.

При проверке герметичности установки используют показания преобразователя давления, предназначенного для измерения абсолютного давления перед СК (ДА), преобразователя перепада давления (ДД) и термометра (ДТ) перед СК.

Входы в измерительную магистраль закрывают заглушками. Включают воздухоподку (вакуумный насос) и открывают сопло минимального расхода (из программного обеспечения) и при достижении перепада давления не менее 2500 Па по показаниям преобразователя перепада давления сопло минимального расхода.

Выдерживают не менее 10 минут для термостабилизации.

По истечении времени термостабилизации фиксируются начальные значения абсолютного давления $P_{ан}$, Па и температуры воздуха в участке t_n , °C. По истечении следующих 30 минут фиксируется конечное значение давления $P_{ак}$, Па и температуры воздуха в участке t_k , °C.

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

$$Q_{ут} = \frac{V_{уч}}{\tau_r} \cdot \left[\frac{(P_{ак})}{(P_{ан})} \cdot \frac{(t_n + 273,15)}{(t_k + 273,15)} - 1 \right] \cdot 60, \quad (2)$$

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

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

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

где Q_{min} – наименьший объемный расход, воспроизводимый на используемой измерительной магистрали, м³/ч;

$\delta_{уст}$ – целевое значение доверительных границ относительной погрешности установки при доверительной вероятности $P = 0,95$, % (из Паспорта на установку), %.

Установка считается герметичной, если выполняется условие (4)

$$Q_{ут} \leq Q_{ут max} \quad (4)$$

8.2 Опробование.

При опробовании выполняются:

- проверка выполнения функциональных возможностей установок (для обеих модификаций установок);
- проверка диапазона воспроизведения объемного расхода (для обеих модификаций установок);
- проверка выполнения критического режима истечения потока газа на СК (только для установок модификации С(С1)).

8.2.1 Проверка выполнения функциональных возможностей установок.

8.2.1.1 Проверка функциональных возможностей установок модификации Р.

Установку проверяют вместе с установленным на ней расходомерами газа.

Включают установку и руководствуясь эксплуатационной документацией проверяют:

- возможность регулировки объемного расхода;
- наличие показаний СИ температуры, влажности и давления на линиях эталонных расходомеров и поверяемого счетчика,
- индикацию отсчета времени поверки и наличия импульсов от эталонного расходомера;
- наличие возможности задания цены импульса (полином) поверяемого СИ и количества импульсов для выполнения операции поверки;
- измерение установкой контрольного объема воздуха эталонным расходомером и его индикация на мониторе ПЭВМ.

Результат считается положительным, если:

- присутствует возможность регулировки объемного расхода;
- показания СИ температуры, влажности и давления на линиях эталонных расходомеров и поверяемого счетчика в наличии;
- индикация отсчета времени поверки и наличия импульсов от эталонного расходомера в наличии;
- возможности задания цены импульса (полином) поверяемого СИ и количества импульсов для выполнения операции поверки в наличии;
- измеренный установкой контрольный объем воздуха эталонным расходомером и его индикация на мониторе ПЭВМ в наличии.

8.2.1.2 Проверка функциональных возможностей установок модификации С(С1).

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

- работоспособность компрессорного и вакуумного оборудования;
- работоспособность установки путем увеличения или уменьшения объемного расхода посредством установки (открытия/закрытия запорной арматуры) СК минимального и максимального расхода в пределах рабочего диапазона расходов для каждой измерительной магистрали если их несколько;

- наличие показаний СИ относительной влажности, температуры и давления на измерительной линии и линии СК и отображение их на мониторе персонального компьютера;
- наличие показаний объемного расхода и его индикация на мониторе персонального компьютера (далее – ПК) для каждой измерительной магистрали, если их несколько.

Результаты считают положительными, если:

- компрессорное и вакуумное оборудование работоспособно;
- установка работоспособна, показания СИ относительной влажности, температуры и давления на измерительных линиях (магистралях) и линии СК, а также дополнительной измерительной магистрали и их отображение на мониторе ПК в наличии;
- показания объемного расхода и его индикация на мониторе ПК в наличии (для каждой измерительной магистрали, если их несколько).

8.2.2 Проверка диапазона воспроизведения объемного расхода.

8.2.2.1 Проверка диапазона воспроизведения объемного расхода установок модификации Р.

Согласно руководству по эксплуатации на установку устанавливают поочередно минимальный и максимальный расход с последующей регистрацией значений расхода, отображаемых на мониторе ПЭВМ.

Результаты считают положительными, если значение максимально и минимального воспроизводимого объемного расхода воздуха (верхний и нижний предел измерений) для каждой измерительной магистрали (если их несколько) составляет значение, указанное паспорте на установку $\pm 5\%$.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8.2.2.2 Проверка диапазона воспроизведения объемного расхода установок модификации С(С1).

Согласно руководству по эксплуатации на установки устанавливают поочередно минимальный и максимальный расход (СК минимального и максимального расхода или открывают/закрывают запорную арматуру СК) для каждой измерительной магистрали (если их несколько) с последующей регистрацией значений объемного расхода, отображаемых на мониторе ПЭВМ.

Результаты считают положительными, если значение максимально и минимального воспроизводимого объемного расхода воздуха (верхний и нижний предел измерений) для каждой измерительной магистрали (если их несколько) составляет значение, указанное паспорте на установку $\pm 5\%$.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8.2.3 Проверка выполнения критического режима истечения потока газа на СК (только для установок модификации С(С1)).

Проверку выполнения критического режима истечения потока газа на СК проводят только для модификации С (С1) и выполняют на минимальном и максимальном воспроизводимых установкой расходах (на каждой измерительной магистрали, если их несколько) без установки поверяемого средства измерений.

В соответствии с руководством по эксплуатации включают установку в режиме воспроизведения объемного расхода и проверяют наличие критического режима истечения потока газа через СК на наименьшем и наибольшем объемных расходах установки (на каждой измерительной магистрали, если их несколько), в зависимости от применяемых СК и конструкции установки:

- для установок, СК которых имеют паспорт (формуляр), путем измерения величины перепада давления Δp , Па между входом и выходом СК (входной и выходной коллекторы) по показаниям преобразователя перепада давления (ДД) из состава установки. Результат считается положительным, если значение перепада давления Δp , Па превышает значения критической разности давления указанного в паспорте СК;

- для установок, СК которых не имеют паспорта (формуляра), путем измерения давления в коллекторе на входе СК $P_{вх}$ и в коллекторе на выходе СК $P_{вых}$ основной и дополнительной

измерительной магистрали, средствами измерений, входящих в состав установки. Результат считается положительным, если при номинальном расходе СК до 1 м³/ч включительно выполняется условие: $P_{вх}/P_{вых} \geq 2,5$ и при номинальном расходе СК более 1 м³/ч выполняется условие: $P_{вх}/P_{вых} \geq 1,25$

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций прекращают.

8.2.4 Проверка стабильности измерений давления и температуры измеряемой среды

В соответствии с РЭ устанавливают требуемый объемный расход (для каждой измерительной магистрали если их несколько). Ожидают информации о стабилизации измеряемых параметров и готовности к измерениям по сообщениям программного обеспечения на ПК (ПО АРМ).

Проводят серию измерений в течение времени:

- для максимального расхода 100 с;
- для минимального расхода, время, удовлетворяющее требованиям эксплуатационной документации (паспорта) в части минимально необходимого пропускаемого (измеряемого) объема.

Каждые 10 секунд в течение серии измерений регистрируют по показаниям на мониторе ПК:

- абсолютного давления перед СК (P_a , Па);
- перепада давления между измерительной линией и перед СК и (ΔP , Па);
- температуры газа перед СК ($t_{ск}$, °C) и температуры газа на измерительной линии ($t_{сг}$, °C).

Значение абсолютного давления в измерительной линии определяют по формуле

$$P_{сг} = P_a + \Delta P, \quad (5)$$

где $P_{сг}$ – абсолютное давление в измерительной линии, Па;

ΔP – перепад давления между измерительной линией и входным участком перед СК, Па.

По результатам измерений вычисляются средние значения для каждого параметра за каждые 100 с.

Рассчитываются отклонения для температуры ($\Delta t_{ск\text{стаб}}$, $\Delta t_{сг\text{стаб}}$, °C), давления ($\delta P_{а\text{стаб}}$, $\delta P_{сг\text{стаб}}$, %) измеряемой среды за каждые 100 с по формулам

$$\Delta t_{ск\text{стаб}} = t_{ск\text{max}} - t_{ск\text{min}}, \quad (6)$$

$$\Delta t_{сг\text{стаб}} = t_{сг\text{max}} - t_{сг\text{min}}, \quad (7)$$

$$\delta P_{а\text{стаб}} = \frac{P_{а\text{max}} - P_{а\text{min}}}{\bar{P}_a} \cdot 100, \quad (8)$$

$$\delta P_{сг\text{стаб}} = \frac{P_{сг\text{max}} - P_{сг\text{min}}}{\bar{P}_{сг}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $t_{ск\text{max}}$, $t_{ск\text{min}}$ – соответственно, максимальное и минимальное за 100 с значение температуры измеряемой среды перед СК, °C;

$t_{сг\text{max}}$, $t_{сг\text{min}}$ – соответственно, максимальное и минимальное за 100 с значение температуры газа в измерительной линии, °C;

$P_{а\text{max}}$, $P_{а\text{min}}$, $\bar{P}_a$ – соответственно, максимальное, минимальное и среднее за 100 с значение абсолютного давления перед СК, Па;

$P_{сг\text{max}}$, $P_{сг\text{min}}$, $\bar{P}_{сг}$ – соответственно, максимальное, минимальное и среднее за 100 с значение абсолютного давления в измерительной линии, Па;

Допускается получать информацию о минимальных, максимальных, средних значениях параметров за 100 с либо выполнении условий (10) и (11) в ПО АРМ, при наличии такой возможности.

Результаты считаются положительными если:

- для всех значений $\Delta t_{ск\text{стаб}}$, $\Delta t_{сг\text{стаб}}$ выполняется условие

$$\Delta t_{ск\text{стаб}}, \Delta t_{сг\text{стаб}} \leq 0,25 \text{ °C за } 100 \text{ с}; \quad (10)$$

- для всех значений $\delta P_{а\text{стаб}}$, $\delta P_{сг\text{стаб}}$ выполняется условие:

$$\delta P_{а\text{стаб}}, \delta P_{сг\text{стаб}} \leq 0,2 \text{ \% за } 100 \text{ с}; \quad (11)$$

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций прекращают.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения путем сравнения их с данными, указанными в описании типа.

Процедура индикации идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) осуществляется путем проверки идентификационного наименования и контрольной суммы библиотеки «SPU7_Gas_Meter.dll».

Идентификационное наименование отображается в свойствах библиотеки «SPU7_Gas_Meter.dll». Для просмотра идентификационного наименования необходимо правой клавишей мыши нажать на библиотеку, в выпадающем меню выбрать пункт «Свойства». В открывшемся окне открыть вкладку «Подробно». Записать значения из свойств «Описание файла».

Контрольная сумма проверяется по библиотеке «SPU7_Gas_Meter.dll» с помощью программы HashTab или другой аналогичной по алгоритму CRC32. Для проверки необходимо правой клавишей мыши нажать на исполняемый файл, в выпадающем меню нажать пункт «Свойства». В открывшемся окне открыть вкладку «Хеш-суммы файлов». Значение контрольной суммы приведено в столбце «Значение хеша»

9.2 Результат проверки программного обеспечения считают положительным, если идентификационные данные соответствуют данным, указанным в описании типа.

9.3 При отрицательных результатах проверки программного обеспечения установка дальнейшей поверке не подлежит.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 *Определение относительной погрешности измерения количества импульсов (для обеих модификаций установок).*

Определение относительной погрешности канала измерения количества импульсов проводят методом сравнения результата измерений количества импульсов, выполненного блоком обработки информации эталона, с количеством импульсов, поданных на импульсный вход установок при помощи генератора импульсов.

В соответствии с РЭ на установку, с помощью генератора импульсов задают на импульсный вход счетного модуля установки не менее 5000 импульсов с частотой следования импульсов 100 Гц и считывают вычисленное значение количества импульсов блоком обработки информации установки. Операцию проводят не менее 5 раз.

По полученным значениям вычисляют среднее арифметическое значение измеренного количества импульсов $\bar{N}$ по формуле

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n}, \quad (12)$$

где N_i – значение количества импульсов, измеренное блоком обработки информации установи при i -м измерении;

n – количество измерений.

Определяют относительную погрешность измерения количества импульсов δ_f по формуле

$$\delta_f = \frac{\bar{N} - N_a}{N_a} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где N_a – значение количества импульсов заданное генератором сигналов, шт.

Результат поверки считается положительным, если значение относительной погрешности измерения количества импульсов не превышает $\pm 0,02\%$ для установок модификации Р и $\pm 0,01\%$ для установок модификации С в том числе варианта С1.

10.2 *Определение относительной погрешности измерений времени (для обеих модификаций установок).*

Определяют относительную погрешность измерений времени в следующей

последовательности:

- к импульсному входу установки, в соответствии с руководством по эксплуатации подключают блок синхронизации;
- к блоку синхронизации подключается СТЦ-2М;
- в программное обеспечение управления блоком синхронизации вводят настройки длительности временных интервалов в секундах (100 с и 3600 с);
- с помощью СТЦ-2М определяют время, заданное блоком синхронизации импульсов, τ_{0ij} , с.
- считывают с дисплея компьютера автоматизированного рабочего места время, измеренное установкой, τ_{ij} , с.

Относительную погрешность измерений времени δ_τ , %, вычисляют по формуле:

$$\delta_\tau = \frac{\tau_{ij} - \tau_{0ij}}{\tau_{0ij}} \cdot 100\% \quad (14)$$

где τ_{ij} – время измеренное установкой, с;

τ_{0ij} – время измеренное СТЦ-2М, с.

Результаты определения относительной погрешности измерений времени считают положительными, если относительная погрешность не превышает $\pm 0,025\%$ для установок модификации Р и $\pm 0,01\%$ для установок модификации С в том числе варианта С1.

10.3 Определение метрологических характеристик измерения температуры рабочей среды (для обеих модификаций установок)

Определение метрологических характеристик измерения температуры рабочей среды проводят путем проверки наличия свидетельств о поверке (при наличии) и сведений о поверке в информационном фонде на средства измерений температуры входящие в состав установки.

10.4 Определение метрологических характеристик измерения давления рабочей среды (для обеих модификаций установок)

Определение метрологических характеристик измерения давления рабочей среды проводят путем проверки наличия свидетельств о поверке (при наличии) и сведений о поверке в информационном фонде на средства измерений давления входящие в состав установки.

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

Перед проведением поверки по данному пункту:

- для установок модификации Р проверяется наличие сертификатов калибровки на эталонные расходомеры. Калибровка должна быть выполнена на Государственном первичном эталоне единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 в соответствии с утвержденной методикой калибровки.
- для установок модификации С проводится определение расходной характеристики СК по п. 10.5.2.2. Допускается использование значения относительной расширенной неопределенности из сертификатов калибровки СК (при их наличии).

Результаты проверки считаются положительными если:

- для установок модификации Р значения поправочных коэффициентов в программном обеспечении установки и указанные в сертификатах калибровки эталонных счетчиков – совпадают и относительная расширенная неопределенность результатов калибровки не превышает 0,3%;
- для установок модификации С(С1) значение расширенной неопределенности определения расходной характеристики СК U_p , % не превышает:
 - для установок исполнения А 0,17 %;
 - для установок исполнения Б 0,20 %;
 - для установок исполнения В 0,25 %.

10.5.1 Определение доверительных границ относительной погрешности воспроизведения объема и объемного расхода при доверительной вероятности 0,95 для установок модификации Р

10.5.1.1 Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения объемного расхода газа определяется по формуле

$$\Delta_{\Sigma, \bar{Q}} = \pm K_{\Sigma} S_{\bar{Q}, \Sigma}, \quad (15)$$

где K_{Σ} – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью Р и отношением случайной погрешностей и НСП;

$S_{\bar{Q}, \Sigma}$ – суммарное СКО воспроизведения объемного расхода.

Значение K_{Σ} определяется по формуле

$$K_{\Sigma} = \frac{(t \cdot S_{\bar{Q}} + \theta_{\bar{Q}})}{(S_{\bar{Q}} + S_{\theta \bar{Q}})}, \quad (16)$$

где t – коэффициент Стьюдента, равный 2,2 при Р=0,95%;

$\theta_{\bar{Q}}$ – неисклученная систематическая погрешность.

10.5.1.2 Определение среднеквадратического отклонения (далее – СКО) воспроизведения расхода для значений расхода 0,04; 1; 10; 100; 1000; 3000; 5000 м³/ч.

Определение СКО производится через интегрированную в программное обеспечение СПУ-7 форму проверки “Проверка СКО эталонов”. После задания соответствующего расхода производят выдержку не менее 1 минуты и с помощью ПО автоматически регистрируются 11 значений расхода, в течение 100 секунд через равные промежутки времени.

Среднеквадратическое отклонение воспроизведения расхода определяют по формулам

$$S_{\bar{Q}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{ij} - \bar{Q}_{cpj})^2}{10}} \cdot 100\%; \quad (17)$$

$$\bar{Q}_{cpj} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}}{11}, \quad (18)$$

где Q_{ij} – считанные значения объемного расхода с ПО при j -ом заданном расходе, м³/ч.

$$S_{\theta \bar{Q}} = \sqrt{\frac{\theta_{\bar{Q}}^2}{3}}; \quad (19)$$

Значение $S_{\bar{Q}, \Sigma}$ определяется по формуле 10

$$S_{\bar{Q}, \Sigma} = \sqrt{S_{\bar{Q}}^2 + S_{\theta \bar{Q}}^2}; \quad (20)$$

10.5.1.3 НСП установки определяют по формуле

$$\theta_{\bar{Q}} = \sqrt{U_Q^2 + \left(\frac{P_{atm} - \Delta P_r}{P_{atm}}\right)^2 * \left(\left(\frac{\gamma \Delta P_r * P_{max}}{\Delta P_r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{r \text{ а6с}}}{P_{atm}} * 100\%\right)^2\right)^2 + \left(\frac{P_{atm} - \Delta P_r}{P_{atm}}\right)^2 + \left(\left(\frac{\gamma \Delta P_m * P_{max}}{\Delta P_m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{m \text{ а6с}}}{P_{atm}} * 100\%\right)^2\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_r}{273,15 + T_{мин}} * 100\%\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_m}{273,15 + T_{мин}} * 100\%\right)^2 + \delta_f^2 + \delta_t^2} \quad (21)$$

где U_Q – расширенная неопределенность измерения объема и объемного расхода эталонными расходомерами из состава установки, по сертификату калибровки счетчиков на ГЭТ 118-2017, %;

P_{atm} – минимальное значение атмосферного давления при эксплуатации, кПа;

P_{max} – максимальный измеряемый перепад давления при эксплуатации, кПа;

$T_{мин}$ – минимальная измеряемая температура при эксплуатации, °С;

ΔP_r – значение перепада давления на эталонном расходомере, кПа;

ΔP_m – значение перепада давления на поверяемом счетчике, кПа;

$\gamma \Delta P_r$ – приведенная погрешность измерений перепада давления на эталонном расходомере, %;

$\gamma \Delta P_m$ – приведенная погрешность измерений перепада давления на поверяемом счетчике, %;

$\Delta P_{r \text{ абс}}$ – абсолютная погрешность измерений абсолютного давления на эталонном расходомере, кПа;

$\Delta P_{m \text{ абс}}$ – абсолютная погрешность измерений абсолютного давления на поверяемом счетчике, кПа;

ΔT_m – абсолютная погрешность измерений температуры на эталонном расходомере, °C;

ΔT_r – абсолютная погрешность измерений температуры на поверяемом счетчике, °C;

δ_f – относительная погрешность измерений количества импульсов, %;

δ_τ – относительная погрешность измерений времени, %;

10.5.2 Определение доверительных границ относительной погрешности измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа установки модификации С(С1)

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

Уравнения измерений объемного расхода Q_{Vp} , м³/ч и объема V_p , м³, приведенных к условиям на измерительной линии имеют вид

$$Q_{Vp} = Q_{V2,60} \cdot \sqrt{\frac{273,15 + \bar{t}_{ск}}{293,15}} \cdot \frac{\bar{P}_a}{(\bar{P}_a + \Delta P)} \cdot \frac{(\bar{t}_{сг} + 273,15)}{(\bar{t}_{ск} + 273,15)} \cdot \frac{\psi_{вл}}{\psi_{20,60}} - \frac{\Delta V_6 \cdot 3600}{\tau} - Q_{ут}, \quad (22)$$

$$V_p = Q_{Vp} \cdot \frac{\tau}{3600}, \quad (23)$$

где $Q_{V2,60}$ – номинальный расход через СК (набор СК), полученный по п. 6.7.2, м³/ч;

$\bar{t}_{ск}$ – средняя за измерительный цикл температура воздуха перед СК (группой СК), °C;

$\bar{t}_{сг}$ – средняя за измерительный цикл температура воздуха на измерительной линии, °C;

ΔP – средний за измерительный цикл перепад давления между измерительной линией и входным участком перед СК, Па;

$\bar{P}_a$ – среднее за измерительный цикл абсолютное давление перед СК, Па;

$\psi_{вл}$ – коэффициент, учитывающий влияние влажности на расход при рабочих условиях;

$\psi_{20,60} = 1,00235$ – коэффициент, учитывающий влияние влажности на расход при стандартных условиях (давление 101,325 кПа, температура 20 °C, относительная влажность 60 %);

ΔV_6 – поправка, учитывающая изменение массы газа, заключенной в участках трубной обвязки между СК (набором СК) и местом установки средства измерений в измерительной линии (далее – буфер), за время одного измерительного цикла, м³;

$Q_{ут}$ – расход утечки, м³/ч;

τ – время одного измерительного цикла, с.

Поправка ΔV_6 определяется по формуле

$$\Delta V_6 = V_6 \cdot \frac{\bar{T}_{сг}}{\bar{P}_{сг}} \cdot \left(\frac{\bar{P}_{бк}}{\bar{T}_{бк}} - \frac{\bar{P}_{бн}}{\bar{T}_{бн}} \right) = V_6 \cdot \frac{(\bar{t}_{сг} + 273,15)}{(\bar{P}_a + \Delta P)} \cdot \left(\frac{\bar{P}_{бк}}{\bar{T}_{бк}} - \frac{\bar{P}_{бн}}{\bar{T}_{бн}} \right), \quad (24)$$

где $\bar{t}_{сг}$ – средняя за измерительный цикл температура воздуха на измерительной линии, °C;

ΔP – средний за измерительный цикл перепад давления между измерительной линией и входным участком перед СК, Па;

$\bar{P}_a$ – среднее за измерительный цикл абсолютное давление перед СК, Па;

$\bar{P}_{бн}$ – начальное абс. давление в буфере, Па;

$\bar{P}_{бк}$ – конечное абс. давление в буфере, Па;

$\bar{T}_{бн}$ – начальная температура в буфере, К;

$\bar{T}_{бк}$ – конечная температура в буфере, К;

V_6 – объем буфера, м³.

Значения $\bar{P}_{бн}$, $\bar{P}_{бк}$, $\bar{T}_{бн}$, $\bar{T}_{бк}$ рассчитывают по формулам:

$$\overline{P}_{6H} = \frac{P_{сгH} + P_{скH}}{2} = \frac{(P_a + \Delta P)_H + P_{aH}}{2}, \quad (25)$$

$$\overline{P}_{6K} = \frac{P_{сгK} + P_{скK}}{2} = \frac{(P_a + \Delta P)_K + P_{aK}}{2}, \quad (26)$$

$$\overline{T}_{6H} = \frac{T_{сгH} + T_{скH}}{2} = \frac{(t_{сг} + 273,15)_H + (t_{ск} + 273,15)_H}{2}, \quad (27)$$

$$\overline{T}_{6K} = \frac{T_{сгK} + T_{скK}}{2} = \frac{(t_{сг} + 273,15)_K + (t_{ск} + 273,15)_K}{2}, \quad (28)$$

где $P_{сгH}$ – начальное (за время измерений) абсолютное давление в измерительной линии, Па;

$P_{скK}$ – конечное (за время измерений) абсолютное давление в измерительной линии и, Па;

$P_{скH}$ – начальное (за время измерений) абсолютное давление перед СК, Па;

$P_{сгK}$ – конечное (за время измерений) абсолютное давление перед СК, Па;

$T_{сгH}$ – начальная (за время измерений) температура газа в измерительной линии, К;

$T_{сгK}$ – конечная (за время измерений) температура газа в измерительной линии, К;

$T_{скH}$ – начальная (за время измерений) температура газа перед СК, К;

$T_{скK}$ – конечная (за время измерений) температура газа перед СК, К.

При расчете суммарной стандартной неопределенности установки расход утечки $Q_{ут}$, м³/ч принимается равным половине интервала от 0 м³/ч до верхней границы утечки $Q_{утmax}$, м³/ч, которая не может быть превышена при условии соблюдения процедуры проверки герметичности

$$Q_{ут} = \frac{Q_{утmax}}{2}, \quad (29)$$

где $Q_{утmax}$ – значение верхней границы утечки, рассчитанное по формуле (3), м³/ч.

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние влажности на расход при рабочих условиях, вычисляется по формуле

$$\psi_{вл} = 1 + 0,169 \cdot x_v, \quad (30)$$

где x_v – молярная доля водяного пара при рабочих условиях, мол. д.

Молярная доля водяного пара рассчитывается по формуле

$$x_v = \frac{\varphi / 100 \cdot f_{pt} \cdot p_{sv}}{\overline{P}_a}, \quad (31)$$

где φ – относительная влажность воздуха, %;

f_{pt} – коэффициент усиления;

p_{sv} – давление насыщенного водяного пара во влажном воздухе, Па.

Коэффициент усиления рассчитывается по формуле

$$f_{pt} = 1,00062 + 3,14 \cdot 10^{-8} \overline{P}_a + 5,6 \cdot 10^{-7} \overline{t}_{ск}^2, \quad (32)$$

где $\overline{P}_a$ – среднее за измерительный цикл абсолютное давление перед СК, Па.

Давление насыщенного водяного пара во влажном воздухе рассчитывается по формуле

$$p_{sv} = \exp(1,2378847 \cdot 10^{-5} (\overline{t}_{ск} + 273,15)^2 - 0,019121316 \cdot (\overline{t}_{ск} + 273,15) + 33,93711047 - 6343,1645 \cdot (\overline{t}_{ск} + 273,15)^{-1}), \quad (33)$$

где $\overline{t}_{ск}$ – средняя за измерительный цикл температура воздуха перед СК (группой СК),

°С.

Для расчета суммарной стандартной неопределенности значения $\overline{t}_{ск}$, $\overline{t}_{сг}$, $\overline{\Delta P}$, $\overline{P}_a$ и $\overline{P}_{сг}$ принимают равными

$$\overline{t}_{ск} = \overline{T}_{ск} = \frac{T_{скH} + T_{скK}}{2} = \frac{t_{скH} + 273,15 + t_{скK} + 273,15}{2}, \quad (34)$$

$$\overline{t}_{сг} = \overline{T}_{сг} = \frac{T_{сгH} + T_{сгK}}{2} = \frac{t_{сгH} + 273,15 + t_{сгK} + 273,15}{2}, \quad (35)$$

$$\overline{P}_a = \overline{P}_{ск} = \frac{P_{aH} + P_{aK}}{2}, \quad (36)$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{\Delta P_H + \Delta P_K}{2}, \quad (37)$$

$$\overline{P}_{сг} = \overline{P}_a + \overline{\Delta P} = \frac{P_{aH} + \Delta P_H + P_{aK} + \Delta P_K}{2}, \quad (38)$$

Абсолютную суммарную стандартную неопределенность при воспроизведении объемного расхода газа $u_c(Q_{vp})$, м³/ч, рассчитывают по формуле

$$u_c(Q_{Vp}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_c^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i \cdot c_j \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j)}, \quad (39)$$

где x_i, x_j – значения соответственно i -го и j -го входных параметров, входящих в уравнение измерений;

$u(x_i), u(x_j)$ – суммарная стандартная неопределенность измерения i -го и j -го входных параметров, соответственно;

c_i, c_j – коэффициенты чувствительности соответственно i -го и j -го входных параметров;

$r(x_i, x_j)$ – коэффициент корреляции входных величин x_i и x_j .

Используется численный метод расчета, в соответствии с Примечанием 2 п. 5.1.3 ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения» значения $c_i \cdot u(x_i)$ определяются по формуле

$$c_i \cdot u(x_i) = \frac{1}{2} \cdot (Q_{Vp}[x_1, \dots, x_i + u(x_i), x_N] - Q_{Vp}[x_1, \dots, x_i - u(x_i), x_N]), \quad (40)$$

Суммарную стандартную неопределенность СК $u_c(Q_{V2,60})$, м³/ч определяют по формуле

$$u_c(Q_{V2,60}) = \frac{U_p(Q_{V20,60})}{2} \cdot \frac{Q_{V2,60}}{100}, \quad (41)$$

где $U_p(Q_{V2,60})$ – относительная расширенная неопределенность СК, определенная при исследовании метрологических характеристик СК согласно пункту 10.5.2.2 настоящего документа, %;

Значения суммарной стандартной неопределенности измерений температуры воздуха перед СК $u_c(T_{СКН})$, $u_c(T_{СКК})$, и измерительной линии $u_c(T_{СГН})$, $u_c(T_{СГК})$ определяют по формулам

$$u_c(T_{СКН}) = \sqrt{\left(\frac{\Delta T_{СКН1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_{СКН2}}{\sqrt{3}}\right)^2}, \quad (42)$$

$$u_c(T_{СКК}) = \sqrt{\left(\frac{\Delta T_{СКК1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_{СКК2}}{\sqrt{3}}\right)^2}, \quad (43)$$

$$u_c(T_{СГН}) = \sqrt{\left(\frac{\Delta T_{СГН1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_{СГН2}}{\sqrt{3}}\right)^2}, \quad (44)$$

$$u_c(T_{СГК}) = \sqrt{\left(\frac{\Delta T_{СГК1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_{СГК2}}{\sqrt{3}}\right)^2}, \quad (45)$$

где $\Delta T_{СКН1}$, $\Delta T_{СКК1}$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры газа перед СК в начальный и конечный (за время измерений) момент времени, К;

$\Delta T_{СКН2}$, $\Delta T_{СКК2}$ – пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений температуры газа перед СК, вызванное отличием температуры окружающей среды от нормальной, К;

$\Delta T_{СГН1}$, $\Delta T_{СГК1}$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры газа в измерительной линии в начальный и конечный (за время измерений) момент времени, К;

$\Delta T_{СГН2}$, $\Delta T_{СГК2}$ – пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений температуры газа в измерительной линии, вызванное отличием температуры окружающей среды от нормальной, К.

Величины $T_{СКН}$ и $T_{СКК}$ измеряются одним и тем же средством измерений, поэтому их коэффициент корреляции зависит от соотношения систематической составляющей к общей неопределенности измеряемого параметра, принимается равным $r(T_{СКН}, T_{СКК}) = 0,65$.

Величины $T_{СГН}$ и $T_{СГК}$ измеряются одним и тем же средством измерений, поэтому их коэффициент корреляции зависит от соотношения систематической составляющей к общей неопределенности измеряемого параметра, принимается равным $r(T_{СГН}, T_{СГК}) = 0,65$.

Значения суммарной стандартной неопределенности $u_c(P_{СКН})$, $u_c(P_{СКК})$ ($u_c(P_{АН})$, $u_c(P_{АК})$), $u_c(\Delta P_N)$, $u_c(\Delta P_K)$, Па, определяют по формулам:

- если пределы допускаемой погрешности преобразователя абсолютного давления или перепада давления заданы (регламентированы) в приведенной к диапазону погрешности

$$u_c(P) = \frac{\sqrt{\gamma(P_1)^2 + \gamma(P_2)^2} \cdot (\text{ВПИ}(P) - \text{НПИ}(P))}{\sqrt{3} \cdot 100}, \quad (46)$$

где $\gamma(P_1)$ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразователя абсолютного давления или перепада давления, %;

$\gamma(P_2)$ – пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности преобразователя абсолютного давления или перепада давления, вызванное отличием температуры окружающей среды от нормальной, %;

ВПИ(P) – верхний предел измерений преобразователя абсолютного давления или перепада давления, Па;

НПИ(P) – нижний предел измерений преобразователя абсолютного давления или перепада давления, Па.

- если пределы допускаемой погрешности преобразователя абсолютного давления или перепада давления заданы (регламентированы) в абсолютной погрешности

$$u_c(P) = \frac{\sqrt{\Delta(P_1)^2 + \Delta(P_2)^2}}{\sqrt{3}}, \quad (47)$$

где $\Delta(P_1)$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразователя абсолютного давления или перепада давления, Па;

$\Delta(P_2)$ – пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности преобразователя абсолютного давления или перепада давления, вызванное отличием температуры окружающей среды от нормальной, Па.

Величины $P_{\text{скн}}$ и $P_{\text{скк}}$ ($P_{\text{ан}}$ и $P_{\text{ак}}$) измеряются одним и тем же средством измерений, поэтому их коэффициент корреляции зависит от соотношения систематической составляющей к общей неопределенности измеряемого параметра, принимается равным $r(P_{\text{скн}}, P_{\text{скк}}) = 0,9$.

Величины $\Delta P_{\text{н}}$ и $\Delta P_{\text{к}}$ измеряются одним и тем же средством измерений, поэтому их коэффициент корреляции зависит от соотношения систематической составляющей к общей неопределенности измеряемого параметра, принимается равным $r(\Delta P_{\text{н}}, \Delta P_{\text{к}}) = 0,9$.

Значение суммарной стандартной неопределенности измерения относительной влажности воздуха $u_c(\varphi)$, % определяется по формуле

$$u_c(\varphi) = \frac{\sqrt{\Delta\varphi_o^2 + \Delta\varphi_d^2}}{\sqrt{3}}, \quad (48)$$

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, %.

Значение суммарной стандартной неопределенности $u_c(V_6)$, м³, определяют по формуле

$$u_c(V_6) = \frac{EV_6}{\sqrt{3}}, \quad (49)$$

где EV_6 – допускаемая ошибка определения геометрического объема буфера (принимается равной 3 % от значения V_6), м³.

Значение суммарной стандартной неопределенности $u_c(\tau)$, с, определяют по формуле

$$u_c(\tau) = \frac{\delta\tau \cdot \tau}{\sqrt{3} \cdot 100}, \quad (50)$$

где $\delta\tau$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени ($\pm 0,01$ %), %;

τ – время одного измерительного цикла, с.

Величина $u_c(Q_{\text{ут}})$, м³/ч рассчитывается по следующей формуле

$$u_c(Q_{\text{ут}}) = \frac{Q_{\text{ут max}}}{2 \cdot \sqrt{3}}, \quad (51)$$

Расширенную неопределенность при воспроизведении объемного расхода газа определяют по формуле

$$U_p(Q_{Vp}) = k \cdot u_c(Q_{Vp}), \quad (52)$$

$$U_p(V_p) = k \cdot u_c(V_p), \quad (53)$$

где 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

$$\delta_0(Q_{Vp}) = U_p(Q_{Vp}), \quad (54)$$

$$\delta_0(V_p) = U_p(V_p), \quad (55)$$

10.5.2.2 Определение расходной характеристики СК (для установок модификации С (С1))

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 с применением эталонных установок в составе ГЭТ 118-2017 в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Расходная характеристика СК, м³/ч	Тип ЭУ
от 20 до 2000	ЭУ-2
от 1 до 20	ЭУ-3
от $3 \cdot 10^{-4}$ до 1	ЭУ-5

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(ы) в зависимости от номинала расхода СК в соответствии с таблицей 5. 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, м³/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. $Q_{эт1} < Q_{v2,60} < Q_{эт2}$. Отклонение величин $Q_{эт1}$ и $Q_{эт2}$ от номинала расхода проверяемого СК $Q_{v20,60}$ не должно превышать 10 %.

Открывают клапан компаратора. Открывают поочередно клапаны эталонных и проверяемого СК в течение 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 60 секунд 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 течение не менее 30 секунд с последующим определением среднего значения перепада давлений ΔP .

Этап 2: закрывают клапан проверяемого СК и открывают клапан(ы) эталонного(ых) СК с суммарным номинальным расходом $Q_{эт1}$. Ожидают не менее 30 секунд для стабилизации показаний компаратора и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течение не менее 30 секунд с последующим определением среднего значения перепада давлений ΔP_1 .

Этап 3: закрывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК с номинальным расходом $Q_{эт1}$ и открывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК суммарным номинальным расходом $Q_{эт2}$. Ожидают не менее 30 секунд для стабилизации показаний компаратора и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течение не менее 30 секунд с последующим определением среднего значения перепада давлений ΔP_2 . 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 (температуре 20 °С и относительной влажности 60 %) по формуле

$$Q_{v20,60} = \Delta P \left[\frac{Q_{эт1}}{\Delta P_1} + \frac{\Delta P - \Delta P_1}{\Delta P_2 - \Delta P_1} \left(\frac{Q_{эт2}}{\Delta P_2} - \frac{Q_{эт1}}{\Delta P_1} \right) \right], \quad (56)$$

где $Q_{v20,60}$ – расходная характеристика проверяемого СК, м³/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;

Проводят усреднение значений объемного расхода СК по формуле:

$$\bar{Q}_{v20,60} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{v20,60_i}, \quad (57)$$

где $Q_{v20,60_i}$ – значение объемного расхода калибруемого СК, приведенного к стандартным условиям, определенное при i-ом цикле измерений;

n – количество измерений.

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	Измерительная ячейка ЭУ-5
от $3 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-2}$	SL-800-10
от $3 \cdot 10^{-2}$ 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 вакуумметра.

Калибратор SL-800 настраивают в непрерывный режим измерений. Кран после СК устанавливают в положение «Открыто» и производят включение установки в режим измерений. 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 при каждом измерении определяют значение объемного расхода СК, приведенного к стандартным условиям, по уравнению формуле:

$$Q_{v20,60} = Q_v \cdot \sqrt{\frac{293,15}{273,15+t_k}} \cdot \frac{P_k}{P_{ск}} \cdot K_{t,\phi}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (58)$$

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

Q_v – значение объемного 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 объемного расхода СК по формуле:

$$\bar{Q}_{v20,60} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{v20,60,i}, \quad (59)$$

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

n – количество измерений.

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

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

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

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

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

$$u_B(Q_{v20,60}) = \frac{U_p(\text{ЭУ})}{2}, \% \quad (61)$$

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

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

$$u_C(Q_{v20,60}) = \sqrt{[u_A(Q_{v20,60})]^2 + [u_B(Q_{v20,60})]^2}, \% \quad (62)$$

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

$$U_p(Q_{v20,60}) = k \cdot u_c(Q_{v20,60}), \% \quad (63)$$

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

$$u_A(Q_{v20,60}) = \frac{100}{\bar{Q}_{v2,60}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{v20,60i} - \bar{Q}_{v20,60})^2}{n \cdot (n-1)}}, \% \quad (64)$$

Значение стандартной неопределенности по типу В, $u_B(Q_{v20,60})$, %, определяют по формуле (61).

Значения суммарной стандартной неопределенности определения расходной характеристики СК, $u_c(Q_{v20,60})$, %, рассчитывают по формуле (62).

Значения расширенной неопределенности определения расходной характеристики СК $U_p(Q_{v2,60})$, %, рассчитывают по формуле (63).

10.5.3 Результаты поверки считаются положительными, если значение доверительных границ относительной погрешности измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа $\Delta_{\Sigma, \bar{Q}}$, %, не превышает:

- $\pm 0,33\%$ для установок модификации Р;
- $\pm 0,20\%$ для установок модификации С исполнения А;
- $\pm 0,25\%$ для установок модификации С исполнения Б;
- $\pm 0,3\%$ для установок модификации С исполнения В.

10.6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

При положительных результатах поверки по п. п. 10.1 – 10.5 установки считаются соответствующими, установленным метрологическим требованиям.

При проведении поверки производится проверка соответствия установки требованиям, предъявляемым к эталонам 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 №1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа и предъявляемым к средствам измерений в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360.

В случае положительного результата поверки, установка соответствует требованиям, предъявляемым к эталонам 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 №1133 и требованиям, предъявляемым к средствам измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколами произвольной формы.

11.2 Знак поверки ставится в свидетельство о поверке (при заявлении).

11.3 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. При оформлении свидетельства о поверке и передаче сведений в информационный фонд указывают, что установка соответствует эталону 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 г. № 1133.

11.4 Если установка по результатам поверки признана непригодной к применению выписывают извещение о непригодности к применению (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.