

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

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
ИМ.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала

А. С. Тайбинский

« 9 » февраля 2023 г.

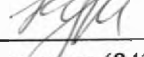


Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКА РАСХОДОМЕРНАЯ СПУ ПГ-2М

Методика поверки
МП 1489-13-2023

И.о. начальника научно-исследовательского отдела

 А.И. Горчев
Тел. отдела: (843)272-11-24

г. Казань
2023 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на установку расходомерную СПУ ПГ-2М заводской №01 (далее – установка) и устанавливает последовательность и методику её первичной и периодической поверок.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы объемного и массового расхода газа в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 11.05.2022 г. № 1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 методом непосредственного сличения и методом косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют следующие операции:

Таблица 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	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	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от – 20 до + 50
 - относительная влажность, % от 30 до 90
 - атмосферное давление, кПа. от 96,0 до 104 кПа (от 720 до 780 мм рт. ст.)
- Рабочая среда – природный газ.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие данную методику, эксплуатационную документацию на применяемые и поверяемые СИ, и прошедшие инструктаж в установленном порядке.

Работы по проведению поверки допускается проводить одному специалисту.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.10 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема в рабочих условиях	<p>Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 в соответствии с Приказом Росстандарта № 1133 от 11.05.2022, диапазон воспроизведения единиц объемного расхода газа от 0,003 до 16000 м³/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%</p> <p>Средство измерений влажности, температуры и атмосферного давления. Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90%; пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 2,0 %. Диапазон измерений температуры от минус 20 до плюс 60 °С; Пределы абсолютной погрешности измерений температуры ± 0,3 °С. Диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа. Пределы абсолютной погрешности измерений атмосферного давления ± 2,5 гПа.</p>	<p>Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017</p> <p>Термогигрометр ИВА-6Н, регистрационный № 46434-11.</p>
<p><i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице</i></p>		

Также при проведении поверки применяют:

5.2 Аттестованное программное обеспечение (при необходимости), реализующее методы расчета (определения) в соответствии с нормативными документами, устанавливающими метод расчета физических свойств измеряемой среды, коэффициента сжимаемости и/или плотности, объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям, и массового расхода газа.

6 Требования(условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, указанные в:

- ГОСТ 12.2.007.0-75, Правилах устройства электроустановок (ПУЭ);
- правилах техники безопасности, действующие в месте проведения поверки;
- эксплуатационной документации на установки;
- эксплуатационной документации на средства поверки и вспомогательное оборудование, используемые при поверке.

6.2 Источником опасности при проведении поверки является – электрический ток, применяемый для работы поверочного оборудования и природный газ под давлением (измеряемая среда).

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность установки должна 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;

Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются вышеприведенные требования или отрицательным, если указанные требования не выполняются.

По результатам внешнего осмотра поверитель принимает решение о проведении дальнейшей поверки или устранению выявленных дефектов (при наличии), в случае невозможности устранения дефектов проведение поверки прекращается.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- перед проведением работ, установку следует выдержать не менее двух часов при температуре и влажности, указанных в п. 3;
- выдержка установки перед проведением работ после включения питания, если не оговорено отдельно, должна составлять не менее 0,5 часа;
- перед проведением работ собирают схему в соответствии с технической документацией на установку;
- остальную подготовку проводят согласно требованиям документации изготовителя и руководствам по эксплуатации средств поверки.

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

Проверяют наличие действующих сертификатов калибровки на СК. Калибровка должна быть выполнена на Государственном первичном эталоне единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118 в соответствии с утвержденной методикой калибровки.

8.2 Опробование

8.2.1 Проверка выполнения функциональных возможностей установки

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

- работоспособность установки путем увеличения или уменьшения объемного расхода посредством открытия/закрытия соответствующей ЗА на СК в пределах рабочего диапазона расходов;

- наличие показаний СИ температуры и давления на измерительной линии и линии СК и отображение их на мониторе персонального компьютера;

Результаты считают положительными, если выполняются вышеперечисленные функции.

8.2.2 Проверка герметичности установки

Проверке герметичности подвергается участок от входа в измерительную линию до запорных кранов, установленных в линиях после эталонных преобразователей расхода (сопла критические - СК).

Проверка проводится для первой и второй измерительных линий.

При проверке герметичности установки используют показания преобразователя давления, предназначенного для измерения давления перед СК.

Монтируют измерительную линию минимального диаметра. Закрывают всю запорную арматуру (ЗА) после СК. Открывают входную ЗА в измерительную линию. При достижении давления по показаниям преобразователя давления закрывают ЗА на входе в измерительную магистраль.

Выдерживают 20 минут для термостабилизации.

По истечении не менее 20 минут фиксируются начальные значения давления P_n , Па и температуры T_n . Начальное значение давления должно быть не менее 340 кПа. По истечении 80 минут фиксируется конечное значение давления P_k , Па и температуры T_k .

Установка считается герметичной, если выполняется условие

$$|P_k - P_n| \leq P_n \cdot \tau \cdot \frac{Q_{min} \cdot \delta_p}{V_{уч} \cdot 60 \cdot 800} \cdot \frac{T_n}{T_k}, \quad (1)$$

где

τ – время измерений, мин;

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

$V_{уч}$ – внутренний объем участка, подвергаемого проверке на герметичность (по документации завода изготовителя);

δ_p – доверительные границы допускаемой относительной погрешности воспроизведения объёмного расхода и объема газа в рабочих условиях, %.

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

8.2.3 Проверка выполнения критического режима истечения потока газа на СК и диапазона воспроизводимых расходов

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

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

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 путем измерения давления в коллекторе на входе СК $P_{вх}$ и в коллекторе на выходе СК $P_{вых}$ средствами измерений, входящих в состав установки.

Результаты считают положительными, если:

- при расходе до 1 м³/ч включительно выполняется условие: $P_{вх}/P_{вых} \geq 2,5$;
- при расходе более 1 м³/ч выполняется условие: $P_{вх}/P_{вых} \geq 1,25$;
- нижний предел воспроизведения объемного расхода составляет не более 0,25 м³/ч;
- верхний предел воспроизведения объемного расхода составляет не менее 4400 м³/ч;
- нижний предел воспроизведения объемного расхода, приведенного к стандартным условиям, составляет не более 1,7 м³/ч;
- верхний предел воспроизведения объемного расхода, приведенного к стандартным условиям, составляет не менее 20000 м³/ч;
- нижний предел воспроизведения массового расхода составляет не более 1,25 кг/ч;
- верхний предел воспроизведения массового расхода составляет не менее 17000 кг/ч.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Для проверки соответствия программного обеспечения (ПО) необходимо включить установку. В соответствии с руководством по эксплуатации запустить рабочее программное обеспечение установки. Выбрать пункт «Данные ПО», после выбора пункта ПО выполняет ряд

само-диагностических проверок, в том числе проверку целостности конфигурационных данных. При этом на мониторе ПК должны отражаться следующие данные:

- идентификационное наименование встроенного ПО;
- номер версии встроенного ПО;
- цифровой идентификатор встроенного ПО.

Идентификационные данные должны соответствовать представленным в описании типа и/или паспорте.

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

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

10.1 Определение метрологических характеристик каналов измерения температуры рабочей среды

Определение метрологических характеристик каналов 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.

10.2 Определение метрологических характеристик каналов измерения давления рабочей среды

Определение метрологических характеристик каналов 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.

10.3 Определение доверительных границ относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95)

Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) воспроизведения объёмного расхода и объема газа в рабочих условиях $\Delta\theta$ принимают равной расширенной неопределенности $U_p(Q_p)$, % по формуле (2) с коэффициентом охвата $k=2$ (в соответствии с п. 6.1.3 Рекомендации COOMET R/GM/32:2017).

Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) при воспроизведении объёмного расхода газа, приведённого к стандартным условиям принимают равной расширенной неопределенности $U_{ст}(Q_{ст})$, % по формуле (3) с коэффициентом охвата $k=2$ (в соответствии с п. 6.1.3 Рекомендации COOMET R/GM/32:2017).

Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) при воспроизведении массового расхода газа принимают равной расширенной неопределенности $U_M(Q_M)$, % по формуле (4) с коэффициентом охвата $k=2$ (в соответствии с п. 6.1.3 Рекомендации COOMET R/GM/32:2017).

Определение расширенной неопределенности измерений проводить в соответствии с ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения».

$$U_p(Q_p) = k \cdot u(Q_p) \quad (2)$$

$$U_{ст}(Q_{ст}) = k \cdot u(Q_{ст}) \quad (3)$$

$$U_M(Q_M) = k \cdot u(Q_M), \quad (4)$$

где k - коэффициент охвата ($k=2$ для доверительной вероятности $P=0,95$).

$u(Q_p)$ – суммарная стандартная неопределенность измерения объёмного расхода газа в рабочих условиях, %;

$u(Q_{ст})$ – суммарная стандартная неопределенность измерения объёмного расхода газа, приведённого к стандартным условиям, %;

$u(Q_M)$ – суммарная стандартная неопределенность измерения массового расхода газа, %;

Суммарные стандартные неопределенности проводить по формуле (5)

$$u^2(Q_x) = \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j) \quad (5)$$

где $u^2(Q_x)$ – суммарная стандартная неопределенность

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 .

В качестве входных величин при оценке расширенной неопределенности измерения объемного расхода газа в рабочих условиях и приведенных к стандартным условиям выступают 12 параметров.

$u(\gamma_d)$ – стандартная неопределенность расходной характеристики СК для воздушной среды;

$u(c_d(Re)_к)$ – стандартная неопределенность расчета коэффициента истечения для $c_d(Re)_к$;

$u(T_r)$ – стандартная неопределенность измерения термодинамической температуры газа на входе в сопло;

$u(P_r)$ – стандартная неопределенность измерения абсолютного давления газа на входе в сопло;

$u(R_{гуд})$ – стандартная неопределенность определения состава газа (по ГОСТ 31371.7);

$u(\kappa_r)$ – стандартная неопределенность расчета адиабаты газа;

$u(\mu_r)$ – стандартная неопределенность расчета вязкости газа;

$u(\rho_r)$ – стандартная неопределенность расчета плотности газа;

$u(z_r)$ – стандартная неопределенность расчета фактора сжимаемости газа на входе в сопло;

$u(\Delta P)$ – стандартная неопределенность измерения перепада давления между СК и СИ на ИЛ;

$u(T_c)$ – стандартная неопределенность измерения термодинамической температуры на ИЛ;

$u(z_c)$ – стандартная неопределенность расчета фактора сжимаемости газа на ИЛ;

К коррелируемым параметрам относится пара значений факторов сжимаемости z_r и z_c

В качестве входных величин при оценке расширенной неопределенности измерения массового расхода газа выступают 9 параметров

$u(\gamma_d)$ – стандартная неопределенность расходной характеристики СК для воздушной среды;

$u(c_d(Re)_к)$ – стандартная неопределенность расчета коэффициента истечения для $c_d(Re)_к$;

$u(T_r)$ – стандартная неопределенность измерения термодинамической температуры газа на входе в сопло;

$u(P_r)$ – стандартная неопределенность измерения абсолютного давления газа на входе в сопло;

$u(R_{гуд})$ – стандартная неопределенность определения состава газа (по ГОСТ 31371);

$u(\kappa_r)$ – стандартная неопределенность расчета адиабаты газа;

$u(\mu_r)$ – стандартная неопределенность расчета вязкости газа;

$u(\rho_r)$ – стандартная неопределенность расчета плотности газа;

Если для средств измерений нормирована основная погрешность, то стандартная неопределенность рассчитывается по формулам:

- при известной абсолютной погрешности

$$u(x) = \frac{100 \Delta x}{2 x}, \quad (6)$$

где Δx – абсолютная погрешность измерения измеряемой величины;
 x – измеряемая величина, выраженная в единицах измерений измеряемой величины;

- при известной приведенной погрешности:

если нормирующим параметром является диапазон измерений ($x_B - x_H$)

$$u(x) = 0,5\gamma \frac{(x_B - x_H)}{x}, \quad (7)$$

где x_B и x_H – нижний и верхний пределы измерений;

x – измеряемая величина, выраженная в единицах измерений измеряемой величины;

если нормирующим параметром является верхний предел измерений x_B

$$u(x) = 0,5\gamma \frac{x_B}{x}, \quad (8)$$

$$u(\gamma_d) = \frac{U(\gamma_d)}{2}, \quad (9)$$

где $U(\gamma_d)$ – относительная расширенная неопределенность калибровки сопел критических (из сертификата), %

$$u(c_d^*(Re)_K) = 0,15 \%$$

$$u(\kappa_r) = \frac{U(\kappa_r)}{\sqrt{3}}, \quad (10)$$

где $U(\kappa_r)$ - относительная расширенная неопределенность адиабаты, рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 8.662 по условиям и составу газа при проведении поверки;

$$u(\rho_r) = \frac{U(\rho_r)}{\sqrt{3}}, \quad (11)$$

где $U(\rho_r)$ - относительная расширенная неопределенность плотности перед СК, рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 8.662 по условиям и составу газа при проведении поверки;

$$u(z_r) = \frac{U(z_r)}{\sqrt{3}}, \quad (12)$$

где $U(z_r)$ - относительная расширенная неопределенность коэффициента сжимаемости перед СК, рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 8.662 по условиям и составу газа при проведении поверки;

$$u(z_c) = \frac{U(z_c)}{\sqrt{3}}, \quad (13)$$

где $U(z_c)$ - относительная расширенная неопределенность коэффициента сжимаемости на измерительной линии, рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 8.662 по условиям и составу газа при проведении поверки;

$$u(\mu_r) = \frac{U(\mu_r)}{\sqrt{3}}, \quad (14)$$

где $U(\mu_r)$ - относительная расширенная неопределенность расчета вязкости газа, рассчитывается в соответствии с ГОСТ 30319.3 по условиям и составу газа при проведении поверки;

Допускается применение аттестованного программного обеспечения для расчета показателей и неопределенности параметров.

Произвести расчет бюджета неопределенности.

10.4 Результаты поверки считаются положительными, если:

- Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) воспроизведения объёмного расхода и объема газа в рабочих условиях Δ_0 не превышают $\pm 0,5 \%$;

- доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) при воспроизведении объёмного расхода газа, приведённого к стандартным условиям, не превышают $\pm 0,5 \%$;

- доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) при воспроизведении массового расхода газа не превышают $\pm 0,5 \%$;

10.5 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям

Производится проверка соответствия полученных метрологических характеристик с метрологическими характеристикам, приведенными в описании типа.

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

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

В случае положительного результата поверки, установка соответствует требованиям, предъявляемым к эталону 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022 №1133.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколами произвольной формы.

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

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 по обеспечению единства измерений.

11.4 При оформлении свидетельства о поверке и передаче сведений в информационный фонд по обеспечению единства измерений указывают, что установка соответствует эталону 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022 №1133.

11.5 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.