

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



« 28 » февраля 2023 г.

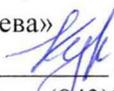
Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ УПГ-1600

Методика поверки
МП 1500-13-2023

И.о. начальника научно-исследовательского
отдела

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

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

Казань
2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика устанавливает методику первичной и периодической поверок. Первичную поверку установки проводят до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта или замены средств измерений.

1.2 Настоящая методика применяется для поверки установки поверочной УПГ-1600 (далее – установка), используемой в качестве эталона 1-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022 № 1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа.

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

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений (воспроизведения) объемного расхода газа, м ³ /ч	От 2,5 до 1600
Пределы относительной погрешности измерения количества импульсов, %	±0,1
Диапазон измерения силы постоянного электрического тока, мА	От 4 до 20
Пределы относительной погрешности измерения силы постоянного электрического тока, %	±0,1
Доверительные границы относительной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа, %	±0,33

Установка применяется для поверки средств измерений расхода и количества газа.

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

1.5 В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы силы постоянного электрического тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А», подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока (ГЭТ 4-91) методом непосредственного сличения.

1.6 Настоящая методика устанавливает методику первичной и периодической поверок.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7

Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

3 Требования к условиям проведения поверки

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

- температура окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 30 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

3.2. Измеряемая среда – воздух.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

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

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице

3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 в соответствии с Приказом Росстандарта от 11 мая 2022 г. № 1133. Диапазон воспроизведения единиц объемного (массового) расхода газа от 0,0003 до 16000 м ³ /ч (от 0,00036 до 19200 кг/ч), СКО от 0,01 до 0,03 %, НСП от 0,05 до 0,12 %, расширенная неопределенность при коэффициенте охвата k=2 от 0,06 до 0,11%.	Государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017
	Средство воспроизведения частоты и импульсов. Эталон 5-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360 в диапазон от 1 Гц до 100 МГц	Генератор сигналов специальной формы ГСС-05, (Регистрационный № 30405-05)

	Средство воспроизведения силы постоянного тока. Эталон 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091 в режиме измерения и воспроизведения силы постоянного электрического тока в диапазоне от 0 до 25 мА	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012, (регистрационный № 56318-14)
	Средство измерения давления. Диапазон измерений давления от 75 до 115 кПа, пределы допускаемой приведенной к диапазону погрешности $\pm 0,02\%$	Прибор цифровой для измерения давления DPI, регистрационный № 16348-03
<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 кроме ГЭТ 118-2017</i>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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

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

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

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

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

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность установки должна соответствовать описанию типа средства измерений измеряемой среды в составе установки УПГ-1600;

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

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

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

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

8.2 Проверка герметичности измерительной магистрали установки

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

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

После выдержки проводят однократное измерение атмосферного давления P_a Па, и начального значения разряжения в измерительной магистрали установки dP_n , Па, которое должно составлять не менее 2000 Па. По истечении не менее 10 минут измеряют конечное значение разряжения dP_k , Па.

Результаты проверки герметичности установки считают положительными, если выполняется условие

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

где t – время измерений, мин;

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

$V_{уч}$ – внутренний объем измерительной магистрали, подвергаемый проверке на герметичность ($V_{уч}$ принимается равным 0,1645 для линии малых расходов и 0,1647 для линии больших расходов м³), м³;

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

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

8.3 Опробование

8.3.1 Проверка выполнения функциональных возможностей установки

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

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

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

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

Результаты считают положительными, если:

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

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

– измеренный установками контрольный объема воздуха индицируется на персональном компьютере.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

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

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

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

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

Результаты считают положительными, если:

- наименьший и наибольший объемный расход отличаются от указанных в паспорте не более чем на $\pm 5,0\%$;

- выполняется условие: $|P_{вх} / P_{вых}| \geq 1,25$.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Идентификационные данные программного обеспечения определяются при помощи приложения HashMyFiles следующим образом:

1. Открыть приложение;
2. Добавить файл программы поверки
3. Сохранить полученные данные с помощью значка "дискеты" на панели задач.
4. Сравнить результат определения с идентификационными данными программного

обеспечения указанными в описании типа

Наименование программного обеспечения индицируется при загрузке программы поверки на стартовом экране.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считают отрицательным, если идентификационные данные (идентификационное наименование и (или) номер версии) программного обеспечения установки не соответствует данным указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Документом предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов: силы постоянного электрического тока.

10.1 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 $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

Таблица 4

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

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

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

Для этого: выбирают компаратор для проведения процедуры в соответствии с таблицей 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, м ³ /ч (кг/ч)	№ компаратора/ов
ЭУ-2	
от 20 до 60 (от 24 до 72)	№4
от 60 до 200 (от 72 до 240)	№4+№5
от 200 до 400 (от 240 до 480)	№4+№№5,6
от 400 до 600 (от 480 до 720)	№4+№№5,6,7
от 600 до 800 (от 720 до 960)	№4+№№5,6,7,8
от 800 до 2000 (от 960 до 2400)	№4+№№5,6,7,8,9
ЭУ-3	
от 0,4 до 6 (от 0,5 до 7)	№1
от 6 до 20 (от 7 до 24)	№2

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

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

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

Этап 2: закрывают клапан проверяемого СК и открывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК $Q_{эт1}$. Ожидают не менее 1 минуты для стабилизации показаний компаратора и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течении 100 секунд с последующим усреднением полученных результатов.

Этап 3: закрывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК $Q_{эт1}$ и открывают клапан (клапаны) эталонного/ых СК $Q_{эт2}$. Ожидают не менее 1 минуты для стабилизации показаний компаратора и запускают установку в режим измерения. Проводят не менее 11 измерений

перепада давлений на компараторе в течении 100 секунд с последующим усреднением полученных результатов. Повторно фиксируют значение температуры измеряемой среды.

Температура измеряемой среды в процессе выполнения измерений по 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

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

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

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

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

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

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

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

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

Проверка СК на ЭУ-5 осуществляется методом непосредственного сличения.

Собирают схему подключений, указанную на рисунке 1.

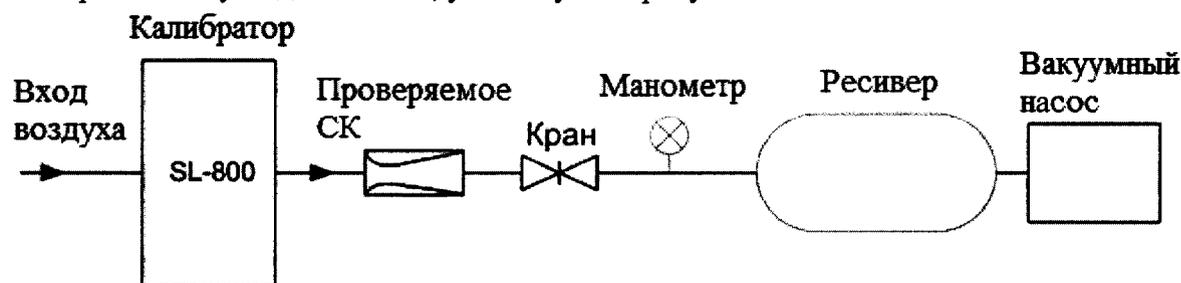


Рисунок 1. Схема подключений СК к ЭУ-5

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

Таблица 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ρ_B – плотность воздуха, кг/м³.

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

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

$$K = \frac{Q_{v20,60}}{\sqrt{T_c}} = \frac{Q_{v20,60}}{\sqrt{293,15}} \cdot \frac{m^3}{\sqrt{K \cdot c}} \left(\frac{l}{\sqrt{K \cdot c}} \right) \quad (4)$$

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

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

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

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

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

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

где:

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

$$\overline{\Delta P_1} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_{1i}, \text{ Па} \quad (9)$$

$$\overline{\Delta P_2} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_{2i}, \text{ Па} \quad (10)$$

где ΔP_i – i -ый результат измерений перепада давления на компараторе на этапе 1, Па;

ΔP_{1i} – i -ый результат измерений перепада давления на компараторе на этапе 2, Па;

ΔP_{2i} – i -ый результат измерений перепада давления на компараторе на этапе 3, Па;

n – число измерений.

Стандартные неопределенности, выраженные в %, вычисляют по формулам:

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

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

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

Стандартную неопределенность по типу А расходной характеристики СК определяют по формуле

$$\tilde{u}_A(Q_K) = (\partial Q_{ЭТ1}) \cdot \tilde{u}_A(Q_{ЭТ1}) + (\partial Q_{ЭТ2}) \cdot \tilde{u}_A(Q_{ЭТ2}) + \sqrt{(\partial \Delta P)^2 \cdot \tilde{u}_A(\Delta P)^2 + (\partial \Delta P_1)^2 \cdot \tilde{u}_A(\Delta P_1)^2 + (\partial \Delta P_2)^2 \cdot \tilde{u}_A(\Delta P_2)^2}, \quad (14)$$

где $\tilde{u}_A(Q_{ЭТ1})$ и $\tilde{u}_A(Q_{ЭТ2})$ – стандартные неопределенности по типу А воспроизведения расхода ЭУ-2 и ЭУ-3, %;

$\partial Q_{ЭТ1}, \partial Q_{ЭТ2}, \partial \Delta P, \partial \Delta P_1, \partial \Delta P_2$ – коэффициенты влияния, значения которых составляют: $\partial Q_{ЭТ1} = \partial Q_{ЭТ2} = \partial \Delta P = \partial \Delta P_1 = \partial \Delta P_2 = 0,5$.

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

$$\tilde{u}_B(Q_K) = (\partial Q_{ЭТ1}) \cdot \tilde{u}_B(Q_{ЭТ1}) + (\partial Q_{ЭТ2}) \cdot \tilde{u}_B(Q_{ЭТ2}) \quad (15)$$

где $\tilde{u}_B(Q_{ЭТ1})$ и $\tilde{u}_B(Q_{ЭТ2})$ – стандартные неопределенности по типу В воспроизведения расхода ЭУ-2 и ЭУ-3, %;

$\partial Q_{ЭТ1}, \partial Q_{ЭТ2}$ – коэффициенты влияния, значения которых составляют:

$$\partial Q_{ЭТ1} = \partial Q_{ЭТ2} = 0,5$$

Суммарную стандартную неопределенность проверки СК определяют по формуле

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

Расширенную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

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

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

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

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

$$u_A(t_B) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{B_i} - \overline{t_B})^2}{n(n-1)}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (18)$$

$$u_A(P_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{1_i} - \overline{P_1})^2}{n(n-1)}}, \quad \text{кПа} \quad (19)$$

$$u_A(P_{\Delta P}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{\Delta P_i} - \overline{P_{\Delta P}})^2}{n(n-1)}}, \quad \text{кПа} \quad (20)$$

$$u_A(\varphi_B) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_{B_i} - \overline{\varphi_B})^2}{n(n-1)}}, \quad \% \quad (21)$$

где:

$$\overline{t_B} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_{B_i}, \quad ^\circ\text{C} \quad (22)$$

$$\overline{P_1} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{1_i}, \quad \text{кПа} \quad (23)$$

$$\overline{P_{\Delta P}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\Delta P_i}, \quad \text{кПа} \quad (24)$$

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

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

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

$\varphi_{B i}$ - i -ый результат измерений относительной влажности воздуха, %;

n – число измерений.

Стандартные неопределенности, выраженные в %, вычисляют по формулам:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Суммарную стандартную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

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

Расширенную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

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

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

10.2 Определение относительной погрешности канала измерения количества импульсов

Подключить генератор сигналов специальной формы (далее – генератор) к импульсному входу установки для счетчиков. Установить на генераторе частоту следования импульсов 100 Гц, синусоидальной формы с амплитудой 8В.

Указать число ожидаемых импульсов с поверяемого счётчика не менее 10000 импульсов. Запустить поверку.

По окончании отсчёта заданного числа импульсов и получения значения отсчитанного числа импульсов и измеренного времени определить время прохождения импульсов с генератора $\tau_{\text{ген}}$, с, по формуле

$$\tau_{\text{ген}} = \frac{N}{f}, \quad (40)$$

где N – количество импульсов, заданное генератором;

f – частота следования импульсов, заданная генератором, Гц.

Вычислить относительную погрешность по каналу времени δ_τ , %, по формуле

$$\delta_\tau = \frac{(\tau_{\text{уст}} - \tau_{\text{ген}})}{\tau_{\text{ген}}} 100 \%, \quad (41)$$

где $\tau_{\text{уст}}$ – время по показаниям установки, с.

Повторить описанную операцию не менее трех раз.



Рисунок 2. Схема подключения при поверке канала измерения времени

Результаты определения относительной погрешности канала измерения частоты считают положительными, если относительная погрешность при каждом измерении не превышает $\pm 0,1 \%$.

При отрицательных результатах определения относительной погрешности канала измерения частоты установка дальнейшей поверке не подлежит.

10.3 Определение относительной погрешности каналов измерения силы постоянного электрического тока

Поверке подлежат все каналы измерения силы постоянного электрического тока, в том числе каналы от первичных преобразователей температуры, давления и перепада давления. Перед поверкой первичные преобразователи отсоединяют от канала.

К соответствующему входу в соответствии с инструкцией по эксплуатации подключают калибратор, установленный в режим генерирования сигналов силы постоянного электрического тока. В качестве задаваемых значений принимают точки (4,0±0,1) мА, (8,0±0,1) мА, (12,0±0,1) мА, (16,0±0,1) мА, (20,0±0,1) мА.

Считывают значение с дисплея автоматизированного рабочего места оператора. Для каждого измеренного значения, рассчитывают относительную погрешность δ_I , %, по формуле

$$\delta_I = \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{эт}}}{I_{\text{эт}}} \cdot 100 \%, \quad (42)$$

где $I_{изм}$ – значение силы постоянного электрического тока, измеренное установкой, мА;
 $I_{эт}$ – значение силы постоянного электрического тока, заданное калибратором, мА.

Результаты определения относительной погрешности канала силы постоянного электрического тока считают положительными, если относительная погрешность при каждом измерении не превышает $\pm 0,1 \%$.

При отрицательных результатах определения приведенной погрешности канала силы постоянного электрического тока установка дальнейшей поверке не подлежит.

10.4 Определение относительной погрешности воспроизведения объемного расхода СК.

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

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

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

$$\delta_{эу} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{ск}^2 + 0,25\delta_{T_1}^2 + 0,25\delta_{T_2}^2 + \left(\frac{P_{ск}}{P_a}\right)^2 \delta_{Pa}^2 + \left(\frac{P_{ск}}{P_a}\right)^2 \delta_{P_{ск}}^2 + \delta_{\tau}^2 + \delta_{f\varphi}^2}, \quad (43)$$

где $\delta_{ск}$ – относительная погрешность (при доверительной вероятности 0,95) воспроизведения объемного расхода СК, полученная по п. 1) и п.2), %;

δ_{T_1} – относительная погрешность измерения температуры на входе СК, %;

δ_{T_2} – относительная погрешность измерения температуры на входе поверяемого средства измерений, %;

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

P_a – атмосферное (барометрическое) давление воздуха (принимается равным минимальному атмосферному давлению воздуха при эксплуатации установок и составляет 84 кПа), кПа;

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

$\delta_{P_{ск}}$ – относительная погрешность измерения разрежения на входе СК, %;

δ_{τ} – проверка канала измерения количества импульсов, %;

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

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

$$\delta_{T_1} = \sqrt{\left(\frac{\Delta t_1}{T} \cdot 100\%\right)^2 + \delta_{IT_1}^2}, \quad (44)$$

где Δt_1 – абсолютная погрешность СИ температуры на входе СК, °С;

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

δ_{IT_1} – относительная погрешность канала измерения силы постоянного тока при преобразовании температуры на входе СК, %;

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

$$\delta_{T_2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta t_2}{T} \cdot 100\%\right)^2 + \delta_{IT_2}^2}, \quad (45)$$

где Δt_2 – абсолютная погрешность СИ температуры на входе поверяемого средства измерений, °С;

T – термодинамическая температура воздуха на входе поверяемого средства измерений (принимается равной минимальной температуре воздуха при эксплуатации установки и составляет 283,15 К) К.

δ_{IT_2} - относительная погрешность канала измерения силы постоянного тока при преобразовании температуры на входе поверяемого средства измерений, %;

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

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

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

$$\delta_{Pa} = \sqrt{\left(\frac{\Delta Pa}{Pa} \cdot 100\%\right)^2 + \delta_{IPa}^2}, \quad (46)$$

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

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

δ_{IPa} - относительная погрешность канала измерения силы постоянного тока при преобразовании сигнала от датчика атмосферного давления, %.

4.7.3.3 Относительную погрешность измерения разрежения на входе СК δ_{PCK} , %, определяют по формуле

$$\delta_{PCK} = \sqrt{\left(\frac{ДИ}{P_{СК}} \cdot \gamma_{Pd}\right)^2 + \delta_{IPd}^2}, \quad (47)$$

где ДИ – диапазон измерений СИ давления, кПа;

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

γ_{Pd} – приведенная погрешность СИ давления, %;

δ_{IPd}^2 - относительная погрешность канала измерения силы постоянного тока при преобразовании сигнала от СИ давления, %.

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

$$\delta_{f\varphi} = \sqrt{(0,002)^2 \delta_T^2 + (0,004)^2 \delta_{Pa}^2 + (0,002)^2 \delta_\varphi^2}, \quad (48)$$

$$\delta_\varphi = \frac{\Delta\varphi}{\varphi} \cdot 100 \%, \quad (49)$$

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

$\Delta\varphi$ – абсолютная погрешность СИ относительной влажности, %;

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

10.5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

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

При проведении поверки производится проверка соответствия установки требованиям, предъявляемым к эталонам 1 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 11.05.2022

№1133 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа.

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

При проведении поверки производится проверка соответствия установки требованиям, к средствам измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091 Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А.

Результаты поверки считаются положительными если установка соответствует требованиям, предъявляемым к средствам измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091.

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. 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.

11.4 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.