

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»



Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ УПРА

Методика поверки  
МП 1721-13-2024

Зам. начальника  
научно-исследовательского отдела  
ВНИИР – филиала ФГУП «ВНИИМ  
им.Д.И.Менделеева»

*И.Н. Куликов*  
И.Н. Куликов  
Тел. отдела: (843)272-11-24

г. Казань  
2024 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика применяется для поверки установок УПРА (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		
	P	СГ	У
Модификация установки			
Максимальное значение воспроизведимого и измеряемого объемного расхода воздуха (верхний предел измерений) <sup>*1)</sup> , не более, м <sup>3</sup> /ч			65
Минимальное значение воспроизведимого и измеряемого объемного расхода воздуха (нижний предел измерений) <sup>*1)</sup> , не менее, м <sup>3</sup> /ч			0,0032
Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения объема и объемного расхода при доверительной вероятности 0,95, %	±0,5	±0,3	±0,3 при работе на разрежении (вакууме) ±0,5 при работе на избыточном давлении
Диапазон измерений времени, с			от 3 до 99999,9
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени, %			±0,02

1.2 Установки поверочные УПРА (далее – установки) предназначены для воспроизведения и измерения объемного расхода и объема газа (воздуха).

Область применения – градуировка, калибровка, испытания и поверка средств измерений объемного расхода (объема) и количества газа.

Установка может применяться в качестве рабочего эталона 1 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений объемного и массового расходов 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

<b>Наименование операции поверки</b>	<b>Обязательность выполнения операций поверки при</b>		<b>Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки</b>
	<b>первичной поверке</b>	<b>периодической поверке</b>	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
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 установки прекращают.

### 3 Требования к условиям проведения поверки

При опробовании и определении метрологических характеристик должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 30 °C;
  - относительная влажность окружающего воздуха до 80 %;
  - атмосферное давление от 96,0 до 104 кПа (от 720 до 780 мм рт. ст.);
  - допускаемое изменение температуры рабочей и окружающей среды не более ±1 °C/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
п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	<p>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<sup>3</sup>/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%.</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 °C; Пределы абсолютной погрешности измерений температуры ± 0,3 °C. 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 (далее – ГЭТ)</p> <p>Термогигрометр ИВА-6Н, регистрационный № 46434-11</p>
<p><b>Примечания:</b></p> <p>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;</p> <p>2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

## 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 все средства измерений, входящие в состав установки (при наличии), запись о проведенных поверках в информационном фонде по обеспечению единства измерений;

3) паспорт;

4) руководство по эксплуатации;

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, отсутствии 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 контура разрежения (вакуум) – Для установок модификации СГ и У

Проверке герметичности подвергается участок от входа в измерительную магистраль до сопла критического (далее СК).

При проверке герметичности установки используют показания преобразователя давления, предназначенного для измерения абсолютного давления СК (ДА), преобразователя перепада давления (ДД) и показания измерителя влажности и температуры (ИВТМ) перед СК.

На входе в измерительную магистраль (подключение СГ или ротаметра) устанавливается заглушка.

Включают воздуходувку (вакуумный насос), открывают сопло минимального расхода, и при достижении перепада давления не более 8 000 Па по показаниям преобразователя перепада давления закрывают кран на СК.

Выдерживают не менее 10 минут для термостабилизации.

По истечении времени термостабилизации фиксируются начальные значения абсолютного давления  $P_{ah}$ , Па и температуры воздуха в участке  $t_h$ , °С. По истечении не менее 30 минут фиксируется конечное значение давления  $P_{ak}$ , Па.

Установка считается герметичной, если выполняется условие (1).

$$\frac{V_{yy}}{\tau} \cdot \left[ \frac{P_{ak}}{P_{ah}} \cdot \frac{(t_h+273.15)}{(t_k+273.15)} - 1 \right] \cdot 60 \leq Q_{min} \cdot \frac{\delta_{уст}}{100} \cdot \frac{1}{3}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время измерений, мин;

$Q_{min}$  – наименьший объемный расход, воспроизводимый установкой, м<sup>3</sup>/ч;

$V_{уч}$  – внутренний объем участка, подвергаемого проверки на герметичность, м<sup>3</sup>;

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

8.1.2 Проверка герметичности контура избыточного давления – для установок модификации Р и У

Проверке герметичности подвергается участок от запорной арматуры ввода в установку избыточного давления до выхода из измерительной магистрали (включая СК).

При проверке герметичности установки используют показания преобразователя давления, предназначенного для измерения абсолютного давления СК (ДА), и показания измерителя влажности и температуры (ИВТМ) перед СК. Преобразователь перепада давления (ДД) отключают от установки (из программного обеспечения установки).

На выходе в измерительную магистраль (подключение СГ или ротаметра) устанавливается заглушка.

Включают генератор расхода (компрессор избыточного давления), открывают запорную арматуру СК любого расхода, и при достижении значения абсолютного давления 750 000 Па по показаниям преобразователя абсолютного давления закрывают запорную арматуру на вводе избыточного давления в установку на СК.

Выдерживают не менее 10 минут для термостабилизации.

По истечении времени термостабилизации фиксируются начальные значения абсолютного давления  $P_{ах}$ , Па и температуры воздуха в участке  $t_h$ , °С. По истечении не менее 30 минут фиксируется конечное значение давления  $P_{ак}$ , Па.

Установка считается герметичной, если выполняется условие (2).

$$\frac{V_{уч}}{\tau} \cdot \left[ 1 - \frac{P_{ак}}{P_{ах}} \cdot \frac{(t_h + 273.15)}{(t_k + 273.15)} \right] \cdot 60 \leq Q_{min} \cdot \frac{\delta_{уст}}{100} \cdot \frac{1}{3}, \quad (2)$$

где  $\tau$  – время измерений, мин;

$Q_{min}$  – наименьший объемный расход, воспроизводимый установкой, м<sup>3</sup>/ч;

$V_{уч}$  – внутренний объем участка, подвергаемого проверки на герметичность, м<sup>3</sup>;

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

При отрицательном результате выполнение дальнейших работ прекращают до устранения причин негерметичности.

Установка считается герметичной, если выполняется условие (2).

## 8.2 Опробование.

При опробовании выполняются:

- проверка выполнения функциональных возможностей установок;

- проверка диапазона воспроизведения объемного;

- проверка выполнения критического режима истечения потока газа на СК.

### 8.2.1 Проверка выполнения функциональных возможностей установок.

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

- работоспособность установки путем увеличения или уменьшения объемного расхода посредством включения/отключения расхода через СК минимального и максимального расхода в пределах рабочего диапазона расходов установки;

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

Результаты считают положительными, если:

- установка работоспособна, показания СИ температуры и давления на измерительной линии, линии СК и их отображение на мониторе персонального компьютера в наличии.

### 8.2.2 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 поочередно включают 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:

- нижний предел воспроизведения объемного расхода составляет не менее  $0,0032^{*1)} \text{ м}^3/\text{ч}$  плюс 10%;
- верхний предел воспроизведения объемного расхода составляет не более  $65^{*1)} \text{ м}^3/\text{ч}$  минус 5%;

*Примечание: \*1) Расход зависит от применяемых сопел критических, конкретное значение указывается в паспорте на установку.*

Для магистрали разрежения (вакуума) – установок модификаций СГ и У:

- при номинальном расходе СК до  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$  включительно выполняется условие:  $P_{вх}/P_{вых} \geq 2,5$ ;
- при номинальном расходе СК расходе более  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$  выполняется условие:  $P_{вх}/P_{вых} \geq 1,25$ ;

Для магистрали избыточного давления – установок модификаций Р и У значение относительного давления  $\bar{P} = p/p_a$  составляет от 1 до 8, где  $p$  – абсолютное давление перед соплом,  $p_a=101,325 \text{ Па}$ .

При отрицательном результате выполнение дальнейших работ прекращают. 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. Для индикации идентификационных данных программного обеспечения в основном меню программы нужно выбрать вкладку «помощь», затем пункт «о программе».

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 измерений времени (для установок с обоими модификациями установок).*

Определение относительной погрешности измерений времени проводят путем проверки наличия свидетельства о поверке (при наличии) и сведений о поверке в информационном фонде на секундомер электронный «СЧЕТ-2» (регистрационный № в ФИФ 70387-18).

Результаты считают положительными, если свидетельство о поверке (при наличии) и сведения о поверке в информационном фонде на секундомер электронный «СЧЕТ-2» (регистрационный № в ФИФ 70387-18) в наличии.

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

### 10.2.1 Определение расходной характеристики СК

Процедура заключается в определении действительной расходной характеристики СК.

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

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

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

Таблица 4 – Этalonные установки

Расходная характеристика СК, м <sup>3</sup> /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 3·10 <sup>-4</sup> до 1 (от 3,6·10 <sup>-4</sup> до 1,2)	ЭУ-5

10.2.1.1 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 – Компараторы

Расходная характеристика СК, м <sup>3</sup> /ч (кг/ч)	№ компаратора/ов
<b>ЭУ-2</b>	
от 20 до 60 (от 24 до 72)	№4
от 60 до 200 (от 72 до 240)	№4+№5
<b>ЭУ-3</b>	
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 клапан(ы) эталонных СК, оставляя открытыми клапаны компаратора и калируемого СК. Ожидают не менее 60 секунд для стабилизации показаний компаратора, фиксируют значение температуры рабочей среды и запускают установку в режиме измерений. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течение не менее 30 секунд с последующим определением среднего значения перепада давлений  $\Delta P$ .

*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 режиме измерения. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течение не менее 30 секунд с последующим определением среднего значения перепада давлений  $\Delta P_1$ .

*Этап 3:* эталонного(ых) СК с номинальным расходом  $Q_{эт1}$  и открывают клапан(ы) эталонного(ых) СК с суммарным номинальным расходом  $Q_{эт2}$ . Ожидают не менее 30 секунд для стабилизации показаний компаратора и запускают установку в режиме измерений. Проводят не менее 11 измерений перепада давлений на компараторе в течение не менее 30 секунд с последующим определением среднего значения перепада давлений  $\Delta P_2$ .

Повторно фиксируют значение температуры измеряемой среды.

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

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

$$Q_k = \Delta P \left[ \frac{Q_{\text{эт1}}}{\Delta P_1} + \frac{\Delta P - \Delta P_1}{\Delta P_2 - \Delta P_1} \left( \frac{Q_{\text{эт2}}}{\Delta P_2} - \frac{Q_{\text{эт1}}}{\Delta P_1} \right) \right], \quad (3)$$

где  $Q_k$  – расходная характеристика проверяемого СК, м<sup>3</sup>/ч (кг/ч);

$Q_{\text{эт1}}$  – значение расхода эталонного СК с расходом ниже, чем у проверяемого СК, м<sup>3</sup>/ч (кг/ч);

$Q_{\text{эт2}}$  – значение расхода эталонного СК с расходом выше, чем у проверяемого СК, м<sup>3</sup>/ч (кг/ч);

$\Delta P$  – перепад давления на компараторе на этапе 1, Па;

$\Delta P_1$  – перепад давления на компараторе на этапе 2, Па;

$\Delta P_2$  – перепад давления на компараторе на этапе 3, Па;

10.2.1.2 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 – Измерительные ячейки

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

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

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

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

$$Q_{v20,60} = Q_v \cdot \sqrt{\frac{293,15}{273,15+t_B}} \cdot \frac{P_1}{P_{\Delta P}} \cdot K_{t,\phi}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4)$$

где  $Q_{v20,60}$  – значение объёмного расхода СК, приведенного к температуре 20 °C и относительной влажности 60 %, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_v$  – значение объёмного расхода в рабочих условиях по показаниям калибратора SL-800, м<sup>3</sup>/ч;

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

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

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

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

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

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

Стандартную неопределенность по типу А измерений объемного расхода СК  $u_A(Q_{v20,60})$ , % рассчитывают по формуле

$$u_A(Q_{v20,60}) = m \cdot \frac{100}{Q_{v20,60}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{v20,60i} - \bar{Q}_{v20,60})^2}{n \cdot (n-1)}}, \% \quad (5)$$

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

Значения стандартной неопределенности по типу В измерений объемного расхода СК  $u_B(Q_{v20,60})$ , % рассчитывают по формуле

$$u_B(Q_{v20,60}) = \frac{U_p(\text{ЭУ})}{2}, \% \quad (6)$$

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

Значения суммарной стандартной неопределенности измерений объемного расхода СК,  $u_c(Q_{v20,60})$  рассчитывают по формуле

$$u_c(Q_{v20,60}) = \sqrt{[u_A(Q_{v20,60})]^2 + [u_B(Q_{v20,60})]^2}, \% \quad (7)$$

Расширенную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле

$$U_p = k \cdot u_c(Q_{v20,60}) \quad (8)$$

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

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

Значения стандартной неопределенности по типу А измерений объемного расхода СК  $u_A(Q_{v20,60})$  рассчитывают по формуле

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

Стандартную неопределенность по типу В определения расходной характеристики СК по объемному расходу газа определяют по формуле (6).

Значения суммарной стандартной неопределенности измерений объемного расхода СК,  $u_c(Q_{v20,60})$  рассчитывают по формуле (7).

Расширенную неопределенность определения расходной характеристики СК определяют по формуле (8).

Результат считается положительным, если значение расширенной неопределенности определения расходной характеристики СК  $U_p, \%$  не превышает 0,25 %.

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

10.2.2.1 Определение доверительных границ относительной погрешности измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа при работе на магистрали разрежения (вакууме) – для модификаций установок СГ и У.

Уравнение измерений объемного расхода при работе на магистрали разрежения (вакууме), приведенного к условиям в поверяемом счетчике представлено формулой

$$Q_{Vp} = \sqrt{\frac{(t_{ck}+273,15)}{293,15}} \cdot \left( \frac{t_{c4}+273,15}{t_{ck}+273,15} \right) \cdot \left( \frac{p_a - \Delta p}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{K_{T,\phi}} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{V20,60i}, \quad (10)$$

Уравнения измерений объема прошедшего воздуха, приведенного к условиям в поверяемом счетчике  $V_p$ ,  $\text{m}^3$  представлено формулой

$$V_{pi} = Q_{Vp} \cdot \frac{\tau}{3600}, \quad (11)$$

где  $Q_{V20,60i}$  – значение расхода при температуре 20 °C и относительной влажности 60% через  $i$ -ое СК,  $\text{m}^3/\text{ч}$ ;

$n$  – количество включенных сопел;

$t$  – температура воздуха в установке (измеряется перед поверяемым счетчиком), °C;

$t_{c4}$  – температура воздуха в поверяемом счетчике, °C;

$t_{ck}$  – температура воздуха перед СК, °C;

$p_a$  – абсолютное (атмосферное) давление, кПа;

$\Delta p$  – перепад давления между атмосферным давлением (на входе в поверяемый счетчик) и входом в СК, кПа;

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

$\tau$  – время измерений, с.

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

$$u_c(Q_{Vp}) = \sqrt{\left( \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial Q_{V20,60}} \right)^2 \cdot u_c(Q_{V20,60})^2 + \left( \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{ck}} \right)^2 \cdot u_c(T_{ck})^2 + \left( \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial p_a} \right)^2 \cdot u_c(p_a)^2 + \left( \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial \Delta p} \right)^2 \cdot u_c(\Delta p)^2 + \left( \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial K_{T,\phi}} \right)^2 \cdot u_c(K_{T,\phi})^2 + \left( \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{c4}} \right)^2 \cdot u_c(T_{c4})^2}, \quad (12)$$

$$u_c(V_p) = \sqrt{u_c(Q_{Vp})^2 + u_c(\tau)^2}, \quad (13)$$

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

$u_c(T_{ck})$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{ck}}$  – относительная стандартная неопределенность измерения температуры воздуха перед СК, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(p_a)$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial p_a}$  – относительная стандартная неопределенность измерения атмосферного давления, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(\Delta p)$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial \Delta p}$  – относительная стандартная неопределенность измерения перепада давления между входом в поверяемый счетчик и входом в СК, %, и её коэффициент чувствительности;

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

$u_c(T_{c4})$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{c4}}$  – относительная стандартная неопределенность, измерения температуры воздуха в поверяемом счетчике, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(\tau)$  – относительная стандартная неопределенность измерений времени, %, и её коэффициент чувствительности.

Коэффициенты чувствительности определяются по следующим формулам:

$$\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial Q_{V20,60}} = \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial K_{T,\phi}} = \frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{c4}} = 1; \quad (14)$$

$$\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{ck}} = \frac{1}{2}; \quad (15)$$

$$\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial P_a} = \frac{\Delta p}{p_a - \Delta p}; \quad (16)$$

$$\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial \Delta p} = \frac{\Delta p}{p_a - \Delta p}. \quad (17)$$

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

$$u_c(Q_{V20,60}) = \frac{U_p(Q_{V20,60})}{2}, \quad (18)$$

где  $U_p(Q_{V20,60})$  – расширенная неопределенность СК по формуле (8), %.

Относительная стандартная неопределенность измерения температуры воздуха перед СК  $u_c(T_{ck})$ , % определяется по формуле

$$u_c(T_{ck}) = \frac{\delta T_{ck}}{\sqrt{3}}, \quad (19)$$

где  $\delta T_{ck}$  – относительная погрешность измерения температуры воздуха перед СК, %.

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

$$u_c(p_a) = \frac{\delta p_a}{\sqrt{3}}, \quad (20)$$

где  $\delta p_a$  – относительная погрешность измерения абсолютного (атмосферного) давления, %

Относительная стандартная неопределенность измерения перепада давления между входом в поверяемый счетчик и входом в СК  $u_c(\Delta p)$ , % определяется по формуле:

$$u_c(\Delta p) = \frac{\delta \Delta p}{\sqrt{3}}, \quad (21)$$

где  $\delta \Delta p$  – относительная погрешность измерения перепада давления между входом в поверяемый счетчик (атмосферное давление) и входом в СК, %.

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

$$u_c(K_{T,\phi}) = \sqrt{(0,002)^2 u_c(T_{ck})^2 + (0,004)^2 u_c(P_a)^2 + (0,002)^2 u_c(\varphi)^2}, \quad (22)$$

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

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

$$u_c(\varphi) = \frac{\delta \varphi}{\sqrt{3}}, \quad (23)$$

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

Относительную стандартную неопределенность температуры воздуха в поверяемом счетчике  $u_c(T_{cq})$ , %, определяют по формуле

$$u_c(T_{cq}) = \frac{\delta T_{cq}}{\sqrt{3}}, \quad (24)$$

где  $\delta T_{cq}$  – относительная погрешность измерения температуры воздуха в поверяемом счетчике, %.

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

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

где  $\delta \tau = \pm 0,02\%$  – относительная погрешность измерений времени, %.

Относительную погрешность измерения температуры воздуха перед СК  $\delta T_{ck}$ , %, определяют по формуле

$$\delta T_{ck} = \frac{\Delta_T}{(t+273,15)} \cdot 100, \quad (26)$$

где  $\Delta_T = \pm 0,2^\circ\text{C}$  – пределы абсолютной погрешности измерения температуры ИВТМ на входе СК,  $^\circ\text{C}$ ;

$t = 10^\circ\text{C}$  – минимальная эксплуатационная температура установки,  $^\circ\text{C}$ ;

Относительную погрешность измерения абсолютного (атмосферного) давления  $\delta p_a$ , %, определяют по формуле

$$\delta p_a = \frac{\text{ВПИ}}{p_a} \cdot \gamma_{p_a}, \quad (27)$$

где ВПИ – верхний предел измерений СИ абсолютного (атмосферного) давления, кПа;

$\gamma_{p_a}$  – приведенная к ВПИ погрешность измерений абсолютного (атмосферного) давления, %;

$p_a = 84,0$  кПа – минимальное значение абсолютного (атмосферного) давления при эксплуатации, кПа.

Относительная погрешность измерения перепада давления между входом в поверяемый счетчик (атмосферное давление) и входом в СК  $\delta \Delta p$ , %, определяют по формуле

$$\delta \Delta p = \frac{\Delta \text{ДИ}}{\Delta_p} \cdot \gamma_{\Delta p}, \quad (28)$$

где ДИ – диапазон измерений СИ разницы (перепада) давления, кПа;

$\Delta_p = 0,001$  кПа – минимальное значение перепада давления, кПа;

Относительную погрешность измерения относительной влажности воздуха определяют по формуле

$$\delta \varphi = \frac{\Delta \varphi}{\varphi} \cdot 100, \quad (29)$$

где  $\Delta \varphi = 2,0$  % – допускаемая абсолютная погрешность средства измерений относительной влажности воздуха (ИВТМ), %;

$\varphi = 30$  % – минимальное значение относительной влажности воздуха при эксплуатации установки, %.

Относительную погрешность измерения температуры воздуха в поверяемом счетчике,  $\delta T_{c\chi}$ , %, определяют по формуле

$$\delta T_{c\chi} = \frac{\Delta t_{c\chi}}{(t+273,15)} \cdot 100, \quad (30)$$

$\Delta t_{c\chi} = 0,2$  °C – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений температуры воздуха в поверяемом счетчике (ИВТМ), °C

$t = 10$  °C – минимальная температура эксплуатации установки, °C;

Относительную расширенную неопределенность измерения объемного расхода и объема определяют по формулам

$$U_p(Q_{Vp}) = k \cdot u_c(Q_{Vp}), \quad (31)$$

$$U_p(V_p) = k \cdot u_c(V_p), \quad (32)$$

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

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

$$\delta_0(Q_{Vp}) = U_p(Q_{Vp}), \quad (33)$$

$$\delta_0(V_p) = U_p(V_p), \quad (34)$$

10.2.2.2 Определение доверительных границ относительной погрешности измерения (воспроизведения) объемного расхода и объема газа при работе на магистрали избыточного давления – для модификаций установок Р и У.

Уравнение измерений объемного расхода при работе на магистрали избыточного давления, приведенного к условиям в поверяемом счетчике  $Q_{Vp}$ , м<sup>3</sup>/ч рассчитывается по формуле

$$Q_{Vp} = m \cdot \sqrt{\frac{(t_{ck}+273,15)}{293,15}} \cdot \left( \frac{t_{c\chi}+273,15}{t_{ck}+273,15} \right) \cdot \left( \frac{p}{p_a + \Delta p} \right) \cdot \frac{1}{K_{T,\phi}} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{V20,60i}, \quad (35)$$

где  $Q_{V20,60i}$  – значение расхода при температуре 20 °C и относительной влажности 60% через  $i$ -ое СК, м<sup>3</sup>/ч;

$n$  – количество включенных сопел;

$m$  – коэффициент изменения эффективной площади сопла (изменения расхода) КС от давления по формулам (36) или (37);

$t$  – температура воздуха в установке (измеряется перед поверяемым счетчиком),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{сч}}$  – температура воздуха в поверяемом счетчике,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{ск}}$  – температура воздуха перед СК,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$p$  – абсолютное давление перед СК, кПа;

$p_a$  – атмосферное давление, кПа;

$\Delta p$  – перепад давления между атмосферным давлением и давлением на входе в поверяемое СИ, кПа;

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

$\tau$  – время измерений, с.

Коэффициент изменения расхода КС от давления  $m$  рассчитывается по формулам:

для СК объемного расхода до  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$  включительно

$$m = 1 + \frac{0,00223}{Q_{V20,60}^{0,25}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\bar{P}}\right), \quad (36)$$

для СК объемного расхода более  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$m = 1 + \frac{0,0149}{Q_{V20,60}^{0,25}} \cdot \left(1 - \frac{1,057}{\bar{P}}\right), \quad (37)$$

где  $\bar{P} = p/101,325$  – относительное давление перед соплом, кПа

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

$$u_c(Q_{Vp}) = \sqrt{\left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial Q_{V20,60}}\right)^2 \cdot u_c(Q_{V20,60})^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial m}\right)^2 \cdot u_c(m)^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{\text{ск}}}\right)^2 \cdot u_c(T_{\text{ск}})^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial p_a}\right)^2 \cdot u_c(p_a)^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial p}\right)^2 \cdot u_c(p)^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial \Delta p}\right)^2 \cdot u_c(\Delta p)^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial K_{T,\phi}}\right)^2 \cdot u_c(K_{T,\phi})^2 + \left(\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{\text{сч}}}\right)^2 \cdot u_c(T_{\text{сч}})^2}, \quad (38)$$

$$u_c(V_p) = \sqrt{u_c(Q_{Vp})^2 + u_c(\tau)^2}, \quad (39)$$

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

$u_c(T_{\text{ск}})$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial T_{\text{ск}}}$  – относительная стандартная неопределенность измерения температуры воздуха перед СК, %, и ее коэффициент чувствительности, %;

$u_c(m)$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial m}$  – относительная стандартная неопределенность коэффициента изменения эффективной площади сопла (изменения расхода) КС от давления, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(p_a)$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial p_a}$  – относительная стандартная неопределенность измерения атмосферного давления, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(p)$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial p}$  – относительная стандартная неопределенность измерения абсолютного давления перед СК, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(\Delta p)$ ,  $\frac{\partial Q_{Vp}}{\partial \Delta p}$  – относительная стандартная неопределенность измерения перепада давления между атмосферным давлением и давлением на входе в поверяемое СИ, %, и её коэффициент чувствительности;

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

$u_c(T_{\text{сч}})$ ,  $\frac{\partial Q_{V_p}}{\partial T_{\text{сч}}}$  – относительная стандартная неопределенность, измерения температуры воздуха в поверяемом счетчике, %, и её коэффициент чувствительности;

$u_c(\tau)$  – относительная стандартная неопределенность измерения времени, %, и её коэффициент чувствительности.

Коэффициенты чувствительности определяются по следующим формулам

$$\frac{\partial Q_{V_p}}{\partial Q_{V_{20,60}}} = \frac{\partial Q_{V_p}}{\partial m} \frac{\partial Q_{V_p}}{\partial K_{T,\phi}} = \frac{\partial Q_{V_p}}{\partial T_{\text{сч}}} \frac{\partial Q_{V_p}}{\partial p} = 1; \quad (40)$$

$$\frac{\partial Q_{V_p}}{\partial T_{\text{сч}}} = \frac{1}{2}; \quad (41)$$

$$\frac{\partial Q_{V_p}}{\partial p_a} = -\frac{p_a}{p_a + \Delta p}; \quad (42)$$

$$\frac{\partial Q_{V_p}}{\partial \Delta p} = \frac{\Delta p}{p_a + \Delta p}. \quad (43)$$

Относительная стандартная неопределенность СК  $u_c(Q_{V_{20,60}})$ , % определяется по формуле (18).

Относительная стандартная неопределенность коэффициента изменения эффективной площади сопла (изменения расхода) КС от давления, %

$$u_c(m) = \frac{U_p(m)}{2}, \quad (44)$$

где  $U_p(m) = 0,32\%$  – расширенная неопределенность изменения эффективной площади (изменения расхода) КС от давления, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения температуры воздуха перед СК  $u_c(T_{\text{сч}})$ , % определяется по формуле (19).

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

$$u_c(p_a) = \frac{\delta p_a}{\sqrt{3}}, \quad (45)$$

где  $\delta p_a$  – относительная погрешность измерения атмосферного давления, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения абсолютного давления  $u_c(p)$ , % определяется по формуле

$$u_c(p) = \frac{\delta p}{\sqrt{3}}, \quad (46)$$

где  $\delta p$  – относительная погрешность измерения абсолютного давления, %.

Относительная стандартная неопределенность измерения перепада давления между входом в поверяемый счетчик (атмосферным давлением) и входом в СК  $u_c(\Delta p)$ , % определяется по формуле:

$$u_c(\Delta p) = \frac{\delta \Delta p}{\sqrt{3}}, \quad (47)$$

где  $\delta \Delta p$  – относительная погрешность измерения перепада давления между атмосферным давлением и давлением на входе в поверяемое СИ, %.

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

$$u_c(K_{T,\phi}) = \sqrt{(0,002)^2 u_c(T_{\text{сч}})^2 + (0,004)^2 u_c(p)^2 + (0,002)^2 u_c(\varphi)^2}, \quad (48)$$

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

Относительная стандартная неопределенность измерения относительной влажности воздуха  $u_c(\varphi)$ , % определяется по формуле (23).

Относительную стандартную неопределенность температуры воздуха в поверяемом счетчике  $u_c(T_{\text{сч}})$ , %, определяют по формуле (24).

Относительная стандартная неопределенность измерений времени  $u_c(\tau)$ , %, определяется по формуле (25).

Относительную погрешность измерения температуры воздуха перед СК  $\delta T_{\text{сч}}$ , %, определяют по формуле (26).

Относительную погрешность измерения атмосферного давления  $\delta p_a$ , %, определяют по формуле

$$\delta p_a = \frac{\text{ВПИ}}{p_a} \cdot \gamma_{p_a}, \quad (49)$$

где ВПИ – верхний предел измерений СИ атмосферного давления, кПа;

$\gamma_{p_a}$  – приведенная к ВПИ погрешность измерений атмосферного давления, %;

$p_a = 84,0$  кПа – минимальное значение атмосферного давления при эксплуатации, кПа.

Относительную погрешность измерения абсолютного давления  $\delta p$ , %, определяют по формуле

$$\delta p = \frac{\text{ВПИ}}{p} \cdot \gamma_p, \quad (50)$$

где ВПИ – верхний предел измерений СИ абсолютного давления, кПа;

$\gamma_p$  – приведенная к ВПИ погрешность измерений абсолютного давления, %;

$p = 360,0$  кПа – минимальное значение абсолютного давления в магистрали избыточного давления при эксплуатации, кПа.

Относительную погрешность измерения перепада давления между атмосферным давлением и давлением на входе в поверяемое СИ  $\delta \Delta p$ , %, определяют по формуле

$$\delta \Delta p = \frac{\text{ДИ}}{\Delta p} \cdot \gamma_{\Delta p}, \quad (51)$$

где ДИ – диапазон измерений СИ разницы (перепада) давления, кПа;

$\Delta p = 0,001$  кПа – минимальное значение перепада давления, кПа;

Относительную погрешность измерения относительной влажности воздуха определяют по формуле (29).

Относительную погрешность измерения температуры воздуха в поверяемом СИ,  $\delta T_{c\chi}$ , %, определяют по формуле (30).

Относительную расширенную неопределенность измерения объемного расхода и объема определяют по формулам (31) и (32).

На основании рекомендации COOMET R/GM/32:2017 «Рекомендация КООМЕТ. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности» при определении доверительных границ относительной погрешности (с доверительной вероятностью  $P=0,95$ )  $\pm \delta_0$ , %, при измерении объемного расхода и объема газа принимается в соответствии с формулами (33) и (34).

Результат считается положительным, если значение доверительных границ относительной погрешности воспроизведения объемного расхода  $\delta_0(Q_{Vp})$ , % и объема газа  $\delta_0(V_p)$  не превышает:

- $\pm 0,3$  % при работе на разрежении (вакууме);
- $\pm 0,5$  % при работе на избыточном давлении.

### 10.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

При положительных результатах поверки по пунктам 10.1 и 10.2 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.

## Приложение А

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

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