

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И  
МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию  
ФГУП «ВНИИР»



А.С.Тайбинский

2016г.

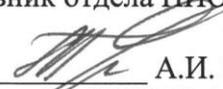
ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные газодинамические  
ИРВИС-УПГ-М

Методика поверки  
МП 0445-13-2016

Начальник отдела НИО-13

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

г. Казань  
2016

## 1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М (далее - установки) и устанавливает последовательность и методику их поверки.

Установки предназначены для воспроизведения заданного объема и объемного расхода газа.

Установки состоят из блока расходов больших с ресивером (далее – БРБ), блока расходов малых (далее - БРМ), измерительных магистралей (далее – ИМ), набора контрольно-измерительных приборов (далее – КИП), устройства создания и регулирования расхода газа, а также вспомогательного оборудования (далее – ВО).

Установки имеют пять модификаций: ИРВИС-УПГ-М-БРМ\*, ИРВИС-УПГ-М-1000, ИРВИС-УПГ-М-2500, ИРВИС-УПГ-М-5000, ИРВИС-УПГ-М-7500, ИРВИС-УПГ-М-12000, ИРВИС-УПГ-М-16000, которые отличаются друг от друга комплектацией, верхним пределом измерений, габаритными и присоединительными размерами, количеством посадочных мест для установки эталонных преобразователей расхода, а также массой.

Интервал между поверками – 2 года. При этом входящие в состав КИП средства измерений поверяются отдельно с периодичностью, установленной в их эксплуатационной документации, за исключением средств измерений, поверка которых производится по данной инструкции.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции согласно таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции  | Номер пункта документа по поверке |
|--|-----------------------------------|
| Подготовка к поверке   | 6                                 |
| Внешний осмотр   | 7.1                               |
| Опробование  | 7.2                               |
| Проверка герметичности   | 7.3                               |
| Проверка выполнения критического режима течения в эталонных преобразователях расхода                                   | 7.4                               |
| Определение метрологических характеристик установок  | 7.5                               |
| Определение диапазона воспроизводимых расходов   | 7.5.1                             |
| Определение приведенной погрешности при измерении абсолютного давления   | 7.5.2                             |
| Определение приведенной погрешности при измерении перепада давления  | 7.5.3                             |
| Определение абсолютной погрешности при измерении температуры   | 7.5.4                             |
| Определение абсолютной погрешности при измерении относительной влажности   | 7.5.5                             |
| Определение относительной погрешности установок при измерении временных интервалов                                     | 7.5.6                             |
| Определение относительной погрешности установки при измерении унифицированного электрического сигнала постоянного тока | 7.5.7                             |
| Определение относительной погрешности установок при измерении объемного расхода при рабочих условиях                   | 7.5.8                             |
| Определение относительной погрешности установок при измерении объемного расхода при стандартных условиях               | 7.5.9                             |
| Определение повторяемости при воспроизведении установкой объемного расхода   | 7.5.10                            |
| Оформление результатов поверки   | 8                                 |

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При поверке установок должны быть применены следующие средства поверки и вспомогательное оборудование:

- государственный первичный эталон единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ118-2013, диапазон воспроизведения единиц объемного расхода газа от 0,003 до 16000 м<sup>3</sup>/ч, СКО 3,5·10<sup>-4</sup> ÷ 5·10<sup>-4</sup>, НСП 4·10<sup>-4</sup>

- частотомер электронно-счетный ЧЗ-64 ДЛИ2.721.007 ТУ, пределы измерений 0,005 Гц...1000 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте опорного генератора  $\pm 5 \times 10^{-7}$  Гц;

- генератор сигналов специальной формы Г6-27, диапазон частот от 0,001 Гц до 1 МГц, погрешность установки частоты 2%;

- калибратор многофункциональный Метран 510 ПКМ, воспроизведение сигналов постоянного тока в диапазоне от 0 до 25 мА с погрешностью 0,015%+1мкА, в диапазоне от 0 до 5 мА с погрешностью 0,015%+0,25 мкА;

- калибратор давления Метран 520, пределы измерения -0,1...0,16 МПа, приведенная погрешность 0,05%;

- ПЭВМ тип IBM PC с установленным ПО «ИРВИС-ТП».

3.2 Допускается применять не указанные в перечне средства поверки, обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Все применяемые СИ должны иметь действующие свидетельства о поверке.

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

4.1. При поверке установок необходимо соблюдать меры предосторожности в соответствии с требованиями правил безопасности, которые установлены на данном объекте.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, изучившие данную инструкцию, эксплуатационную документацию на установки, имеющие опыт поверки средств измерений расхода, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

4.3 Все измерительные приборы должны иметь изолированные цепи по входу и выходу от их цепей питания.

4.4 Необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ) при работе на электроустановках напряжением до 1000 В.

#### **5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия, если они не оговорены специально:

- температура окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 30 °С;

- относительная влажность окружающего воздуха от 5 до 80%;

- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;

5.2 Параметры поверочной среды (воздуха):

- температура от плюс 10 до плюс 30 °С;

- давление от 70 до 106,7 кПа;

5.3 Изменение температуры в процессе поверки при выполнении измерений не более  $\pm 1$  °С/ч.

#### **6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

6.1 Перед проведением поверки установок в целом, необходимо предварительно провести поверку входящего в комплект установок измерительного оборудования.

6.2 При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверку выполнения условий п.4 и п.5 настоящей инструкции;

- подготовку установки к работе согласно эксплуатационной документации.

#### **7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

7.1 Внешний осмотр.

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

1) свидетельство о поверке установки (при периодической поверке);

2) свидетельства о поверке всех средств измерений, входящих в состав установки;

3) сертификаты калибровки на эталонные преобразователи расхода (далее – ЭПР);

4) паспорт;

5) руководство по эксплуатации.

7.1.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие нанесенной на установку и КИП маркировки данным фирм-изготовителей, указанным в свидетельствах о поверке;
- отсутствие механических повреждений КИП и элементов конструкции установки, отсутствию ржавчины на элементах конструкции;
- отсутствие видимых разрушений и сколов на лакокрасочных и гальванических покрытиях деталей и агрегатов установок;
- отсутствие механических повреждений кабелей и соединительных трубопроводов;
- отсутствие визуально обнаруживаемых дефектов (в виде забоин, раковин, уступов) и загрязнений в области дозвуковой части и критического сечения ЭПР.

## 7.2 Опробование

### 7.2.1 Опробование установок проводят следующим образом.

Устанавливают расход  $0,1Q_{\text{наиб}}$ , для чего открывая необходимый набор ЭПР, устанавливают перепад давления между ресивером и сопловым блоком, который соответствует критическому режиму течения в ЭПР.

Запускают на ПЭВМ ПО «ИРВИС-ТП» и считывают с экрана абсолютное давление и температуру в ресивере, перепад давления между ресивером и расчетным сечением установки, а также объемный расход, воспроизводимый установкой.

Считанные с экрана ПЭВМ показания не должны существенно отличаться от ожидаемых для условий опробования.

### 7.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения установок.

Для проверки идентификационных данных ПО «ИРВИС-ТП» в главном меню программы выбирают пункт «Помощь» - «О программе» и считывают с экрана следующую информацию:

- наименование программного обеспечения;
- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО;
- цифровой идентификатор (контрольная сумма) ПО.
- алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения.

Результаты проверки считаются положительными, если полученные идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, указанными в ТД «Установки поверочные газодинамические. ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1».

## 7.3. Проверка герметичности.

Проверка герметичности установок может выполняться как повышенным, так и пониженным давлениями. При этом используется либо компрессор низкого давления, либо вакуумный насос (в зависимости от комплектации установок). Проверке герметичности подвергается участок от входа в измерительную магистраль до выходного сечения эталонных преобразователей расхода. Все ЭПР закрыты, неиспользуемые штуцеры и входное сечение измерительной магистрали должны быть заглушены. Проверка герметичности проводится для каждого БРБ и БРМ, входящих в состав установки.

Значение абсолютного давления при проверке герметичности должно находиться в диапазоне:

- при испытаниях повышенным давлением: от 130 до 135 кПа;
- при испытаниях пониженным давлением: от 60 до 75 кПа.

После достижения заданной величины абсолютного давления производят выдержку в течение 15 минут для выравнивания температуры в испытываемой части установок.

Проверка герметичности установок выполняется в автоматическом режиме с использованием ПО ИРВИС-ТП. Физическая суть процесса заключается в сличении отношения градиента давления в проверяемом объеме к начальному давлению в проверяемом объеме с падением давления, определяемым максимально допустимой утечкой. Максимально допустимая утечка задается как 1/3 относительной расширенной неопределенности калибровки ЭПР с наименьшим объемным расходом.

Отношение градиента давления в проверяемом объеме к начальному давлению в проверяемом объеме находится путем линейной аппроксимации измеренных значений давления и абсолютной температуры по времени методом наименьших квадратов. Опрос измерителей давления и температуры осуществляется с частотой 1 Гц в течение 180 секунд.

Установка считается герметичной, если выполняется условие:

$$\left| \frac{a}{b} \right| \leq \frac{1}{3} \varphi \frac{\delta}{100} \varphi \frac{Q_{\text{наим}}}{3600 \varphi V_{\text{рес}}}, \quad (1)$$

где:  $a$  и  $b$  – коэффициенты аппроксимации изменения отношения  $P/T$  по времени линейной зависимостью  $P/T = a \cdot \tau + b$ ;

$\delta$  – относительная расширенная неопределенность калибровки ЭПР с наименьшим объемным расходом (для проверяемого блока), %;

$Q_{\text{наим}}$  – значение наименьшего воспроизводимого объемного расхода для проверяемого блока,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$V_{\text{рес}}$  – объем замкнутого пространства проверяемого блока, для которого выполняется проверка герметичности,  $\text{м}^3$ .

Коэффициенты аппроксимации  $a$  и  $b$  определяют по формулам:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n \tau_i \left( \frac{P_i}{T_i} \right) - \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{T_i} \right)}{n \sum_{i=1}^n \tau_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n \tau_i \right)^2}, \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{T_i} \right) - a \sum_{i=1}^n \tau_i}{n}. \quad (3)$$

где:  $n$  – количество измеренных значений (точек по времени), участвующих в расчете коэффициентов линейной аппроксимации;

$i$  – порядковый номер измеренной точки;

$\tau$  – время, с.  $\tau_1=0$ ;

$P$  – абсолютное давление в проверяемом объеме, Па;

$T$  – абсолютная температура в проверяемом объеме, К.

$\tau_{\text{контр}}$  – длительность выдержки при заданном давлении, сек.

7.4. Проверка выполнения критического режима течения на эталонных преобразователях расхода.

Проверка выполняется на измерительной магистрали, имеющей наибольший диаметр условного прохода, на расходах  $Q_{\text{наим}}$  и  $Q_{\text{наиб}}$  (значения  $Q_{\text{наим}}$  и  $Q_{\text{наиб}}$  указаны в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»).

Проверка выполняется следующим образом.

Собирают измерительную магистраль без установки в нее проверяемого средства измерения. Устанавливают заданный объемный расход, для чего, открывают необходимый набор ЭПР.

На ПЭВМ запускают ПО «ИРВИС-ТП» и с экрана считывают абсолютное давление и температуру в ресивере, а также абсолютное давление в сопловом блоке на заданных расходах.

Степень дросселирования установок определяется по формулам:

$$\varepsilon = \frac{P_{\text{с.б.}}}{P_p + 0,5(1,288 - 0,0041T) \left( \frac{Q}{3600F} \right)^2}, \quad (4)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (5)$$

где:  $P_{\text{с.б.}}$  – абсолютное давление в сопловом блоке, Па;

$P_p$  – абсолютное давление в ресивере, Па;

$T$  – температура поверочной среды, °С;

$F$  – площадь поперечного сечения ресивера (указывается в НТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»),  $\text{м}^2$ ;

$Q_i$  – расход воздуха  $i$ -го ЭПР,  $\text{м}^3/\text{ч}$  (указан в сертификате о калибровке ЭПР);

$n$  – количество одновременно открытых ЭПР.

Критический режим выполняется, если значение  $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{max}}$  ( $\varepsilon_{\text{max}}$  указывается в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»).

7.5. Определение метрологических характеристик установок.

7.5.1 Определение диапазона воспроизводимых расходов.

7.5.1.1 Определение диапазона воспроизводимых расходов проводят следующим образом.

Собирают измерительную магистраль с максимальным диаметром условного прохода без установки в нее проверяемого средства измерения. При определении  $Q_{\text{наиб}}$  используется измерительная

магистраль с наибольшим диаметром условного прохода, при определении  $Q_{\text{наим}}$  - любая измерительная магистраль, входящая в состав установок.

7.5.1.2 Устанавливают расход  $Q_{\text{наим}}$ , для чего, открывая необходимый набор ЭПР, устанавливают перепад давления между ресивером и сопловым блоком, который соответствует критическому режиму течения в ЭПР.

Запускают на ПЭВМ ПО «ИРВИС-ТП» и после выдержки в 1 минуту 3 раза считывают объемный расход с экрана ПЭВМ.

7.5.1.3 Результаты поверки считаются положительными, если выполняется условие:

$$Q_{\text{наим.ср}} \leq (Q_{\text{наим}})^{+5\%} \quad (6)$$

$$Q_{\text{наим.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_{\text{наим.}i}}{3} \quad (7)$$

где:  $Q_{\text{наим.}i}$  – объемный расход, считанный с экрана ПЭВМ, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{\text{наим}}$  – наименьший объемный расход воспроизводимый установкой, м<sup>3</sup>/ч (указан в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»).

7.5.1.4 Устанавливают расход  $Q_{\text{наиб}}$ , для чего, открывая необходимый набор ЭПР, устанавливают перепад давления между ресивером и сопловым блоком, который соответствует критическому режиму течения в ЭПР.

Запускают на ПЭВМ ПО «ИРВИС-ТП» и после выдержки в 1 минуту 3 раза считывают объемный расход с экрана ПЭВМ.

7.5.1.5 Результаты поверки считаются положительными, если выполняется условие:

$$Q_{\text{наиб.ср}} \geq (Q_{\text{наиб}})_{-5\%} \quad (8)$$

$$Q_{\text{наиб.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_i}{3} \quad (9)$$

где:  $Q_{\text{наиб.}i}$  – объемный расход, считанный с экрана ПЭВМ, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{\text{наиб}}$  – наибольший объемный расход воспроизводимый установкой, м<sup>3</sup>/ч (указан в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»).

#### 7.5.2 Определение приведенной погрешности при измерении абсолютного давления.

При определении приведенной погрешности при измерении абсолютного давления проверяют ТД первичного преобразователя давления. Пределы приведенной погрешности при измерении абсолютного давления принимаются равными, указанным в ТД первичного преобразователя.

Результаты поверки считаются положительными, если пределы приведенной погрешности первичного преобразователя давления не превышают, указанных в ТД «Установки поверочные газодинамические. ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»).

#### 7.5.3 Определение приведенной погрешности при измерении перепада давления.

При определении приведенной погрешности при измерении перепада давления проверяют ТД преобразователя перепада давления. Пределы приведенной погрешности при измерении перепада давления принимаются равными значениям, указанным в ТД преобразователя перепада давления.

Результаты поверки считаются положительными, если пределы приведенной погрешности преобразователя перепада давления не превышают  $\pm 1\%$  и имеется действующее свидетельство о поверке преобразователя перепада давления.

7.5.3.1 Определение приведенной погрешности при измерении перепада давления установками, оснащенными первичным преобразователем перепада давления ИРВИС-ИДД проводят следующим образом.

Отключают положительный вход ИРВИС-ИДД от установки и подключают его к средствам создания избыточного давления, отрицательный вход ИРВИС-ИДД соединяют с атмосферой. Избыточное давление в диапазоне, указанном в эксплуатационной документации на установку, создают насосом любого принципа действия и измеряют калибратором давления.

Измерения проводят на избыточных давлениях  $0, 0,25\Delta P_{\text{max}}, 0,5\Delta P_{\text{max}}, 0,75\Delta P_{\text{max}}$  и  $\Delta P_{\text{max}}$ .

Запускают на ПЭВМ ПО «ИРВИС-ТП» и на каждом давлении не менее 3 раз считывают значение перепада давления.

Приведенную погрешность при измерении перепада давления определяют по формуле:

$$\gamma_{\Delta P} = \frac{\Delta P_{\text{идд}} - \Delta P_{\text{к}}}{\Delta P_{\text{max}}} \cdot 100\% \quad (10)$$

$$\Delta P_{\text{идд}} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta P_{ij}}{3} \quad (11)$$

где:  $\Delta P_{\text{к}}$  – избыточное давление, измеренное калибратором давления, Па;  
 $\Delta P_{ij}$  – перепады давления считанные с экрана ПЭВМ на j-том режиме, Па;  
 $\Delta P_{\text{max}}$  – верхний предел измерения перепада давления, Па.

Результаты поверки считаются положительными, если приведенная погрешность при измерении перепада давления не превышает  $\pm 1\%$

#### 7.5.4 Определение абсолютной погрешности при измерении температуры.

При определении абсолютной погрешности при измерении температуры проверяется ТД измерителя температуры (термогигрометра). Пределы абсолютной погрешности при измерении температуры принимаются равными, указанным в ТД измерителя температуры (термогигрометра).

Результаты поверки считаются положительными, если пределы абсолютной погрешности измерителя температуры (термогигрометра) не превышают  $\pm 0,35$  °С и имеется действующее свидетельство о поверке измерителя температуры (термогигрометра).

#### 7.5.5 Определение погрешности при измерении относительной влажности.

При определении погрешности при измерении относительной влажности проверяются ТД измерителя влажности (термогигрометра). Пределы погрешности при измерении относительной влажности принимаются равными, указанным в ТД измерителя влажности (термогигрометра).

Результаты поверки считаются положительными, если пределы абсолютной погрешности измерителя влажности (термогигрометра) не превышают  $\pm 3\%$  и имеется действующее свидетельство о поверке измерителя влажности (термогигрометра).

#### 7.5.6 Определение относительной погрешности установок при измерении временных интервалов.

7.5.6.1 Определение относительной погрешности установок при измерении временных интервалов проводят следующим образом.

На вход ИРВИС-ВИ подключают генератор сигналов и последовательно задают частоту импульсов равную 1, 100 и 10000 Гц. Частоту импульсов измеряют частотомером в режим измерения периодов частоты. Частота, подаваемая с генератора импульсов, определяется по формуле:

$$F_{\text{ч}} = 1/\tau \quad (12)$$

где:  $F_{\text{ч}}$  – частота, подаваемая с генератора импульсов, Гц;  
 $\tau$  – период частоты импульсов, измеренный частотомером, с.

Запускают ПО «ИРВИС-ТП». В главном меню программы выбирают пункт «Сервис» - «Измерение частоты», задают количество импульсов, по которому определяется входная частота, и на каждом режиме 3 раза считывают показания с монитора ПЭВМ. Количество импульсов, по которому определяется входная частота, с помощью ИРВИС-ВИ вычисляется по формуле:

$$N = 10 * F_{\text{ч}} \quad (13)$$

Погрешность установки при измерении временных интервалов вычисляется по формуле:

$$\delta_{\text{F}} = \frac{F_{\text{ви.ср}} - F_{\text{ч}}}{F_{\text{ч}}} \cdot 100\% \quad (14)$$

$$F_{\text{ви.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^3 F_{\text{ви.i}}}{3} \quad (15)$$

где:  $F_{\text{ви.i}}$  – частота, считанная с экрана ПЭВМ, Гц;  
 $F_{\text{ч}}$  – частота, измеренная частотомером, Гц.

7.5.6.2 Результаты поверки считаются положительными, если относительная погрешность установок при измерении временных интервалов не превышает  $\pm 0,01\%$ .

#### 7.5.7 Определение относительной погрешности установки при измерении унифицированного электрического сигнала постоянного тока.

7.5.7.1 Определение относительной погрешности установки при измерении унифицированного электрического сигнала постоянного тока проводят следующим образом.

К входу преобразователя токовых сигналов подключают калибратор постоянного тока. С помощью калибратора последовательно задают постоянный ток равный 1, 4, 8, 12, 16 и 20 мА.

Запускают ПО «ИРВИС-ТП». В главном меню программы выбирают пункт «Сервис» - «Измерение тока» и на каждом режиме считывают 3 раза показания с экрана ПЭВМ.

Относительную погрешность установки при измерении унифицированного электрического сигнала постоянного тока определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{I_{\text{УПГ.СР}} - I_{\text{К}}}{I_{\text{К}}} \cdot 100\% \quad (16)$$

$$I_{\text{УПГ.СР}} = \frac{\sum_{i=1}^3 I_{\text{УПГ.}i}}{3} \quad (17)$$

где:  $I_{\text{УПГ.}i}$  - значение унифицированного электрического сигнала постоянного тока, считанные с экрана ПЭВМ, мА;

$I_{\text{К}}$  - значение унифицированного электрического сигнала постоянного тока, задаваемое калибратором, мА.

7.5.7.2 Результаты поверки считаются положительными, если относительная погрешность установки при измерении унифицированного электрического сигнала постоянного тока не превышает  $\pm 0,1\%$ .

7.5.8 Определение относительной погрешности установок при измерении объемного расхода при рабочих условиях.

Определение погрешности установок при измерении объемного расхода проводят на точках расхода  $Q_{\text{наим}}$ ;  $0,5 Q_{\text{наиб}}$ ;  $Q_{\text{наиб}}$ . При расходах  $Q_{\text{наиб}}$  и  $0,5 Q_{\text{наиб}}$  используется измерительная магистраль с наибольшим диаметром условного прохода, а при  $Q_{\text{наим}}$  - любая измерительная магистраль, входящая в состав установок.

Вычисление относительной погрешности измерения объемного расхода установок для данной точки расхода выполняют по формуле:

$$\delta_{\text{эж}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_{ij}}{Q_{\Sigma j}} \right)^2 \delta_{Q_i}^2 + \left( \frac{\Delta P}{P_{\text{р.с.}}} \right)^2 (\delta_{\Delta P}^2 + \delta_P^2) + \delta_c^2 + \delta_{\xi}^2 + K_{\psi} \delta_{\psi} + \left\{ 0,25 + [\beta_t (t-20)]^2 \right\} \delta_t^2 + 0,25 \delta_R^2} \quad (18)$$

где:  $Q_{ij}$  - расход воздуха  $i$ -го ЭПР на  $j$ -й точке расхода, м<sup>3</sup>/ч (указан в сертификате о калибровке ЭПР);

$Q_{\Sigma j}$  - суммарный расход воздуха в  $j$ -й точке расхода, м<sup>3</sup>/ч;

$\delta_{Q_i}$  - относительная погрешность измерения расхода  $i$ -м ЭПР, с учетом вычисления погрешности коэффициента температурного расширения, %;

$n$  - количество используемых для воспроизведения заданного значения расхода сопел;

$\Delta P = P_{\text{р.с.}} - P_{\text{р}}$  - перепад давления между расчетным сечением измерительной магистрали и ресивером, Па;

$P_{\text{р.с.}}$  - абсолютное давление в расчетном сечении измерительной магистрали, Па;

$P_{\text{р}}$  - абсолютное давление в ресивере, Па;

$\delta_{\Delta P}$  - относительная погрешность измерения перепада давления между ресивером и расчетным сечением измерительной линии, %;

$\delta_P$  - относительная погрешность измерения абсолютного давления в ресивере, %;

$\delta_C$  - случайная составляющая погрешности определения функции критического потока совершенного газа  $C^*$  (в соответствии с п.4.9 МИ 1538-86 для воздуха  $\delta_C = 0,00146\%$ );

$\delta_{\xi}$  - относительная погрешность определения термодинамического коэффициента расхода  $\xi$  (значения  $\delta_{\xi}$  приведены в Приложении 3 МИ 1538-86. При давлениях воздуха от 0,01 до 2 МПа  $\delta_{\xi} = 0$ );

$\beta_t$  - коэффициент температурного расширения материала ЭПР, К<sup>-1</sup> (указан в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1»);

$t$  - температура воздуха в ресивере, °С;

$\delta_t$  - относительная погрешность измерения температуры воздуха в ресивере, %;

$\delta_R$  - относительная погрешность определения газовой постоянной R, %, (в соответствии с п.4.12 МИ 1538-86 для воздуха  $\delta_R = 0,0348\%$ );

$K_\psi$  - поправочный коэффициент на влажность воздуха;

$\delta_\psi$  - погрешность измерения относительной влажности воздуха;

Поправочный коэффициент  $K_\psi$  определяют по формуле:

$$K_\psi = 0,001178 \frac{\exp(6,51625 + 0,06199t)}{P_p} \quad (19)$$

Относительная погрешность измерения расхода  $i$ -м критическим соплом, с учетом вычисления погрешности коэффициента температурного расширения вычисляется по формуле:

$$\delta_{Q_i} = \sqrt{\delta_{(\mu F)_i}^2 + [\beta_t (t-20)]^2 \delta_\beta^2} \quad (20)$$

где:  $\delta_{(\mu F)_i}$  - относительная погрешность (расширенная неопределенность) измерения расхода  $i$ -м ЭПР (указана в сертификате о калибровке ЭПР);

$\delta_\beta$  - относительная погрешность определения линейного коэффициента теплового расширения материала ЭПР. При отсутствии справочных данных принимать  $\delta_\beta = 0,2$ .

Относительная погрешность измерения перепада давления между ресивером и расчетным сечением измерительной линии вычисляется по формуле:

$$\delta_{\Delta P} = \gamma_{\Delta P} \frac{\Delta P_{MAX}}{\Delta P} \quad (21)$$

где:  $\gamma_{\Delta P}$  - приведенная погрешность преобразователя перепада давления (из ТД преобразователя перепада давления), %;

$\Delta P_{MAX}$  - верхний предел измерений преобразователя перепада давления, Па.

Относительная погрешность измерения абсолютного давления в ресивере вычисляется по формуле:

$$\delta_p = \gamma_p \frac{P_{MAX}}{P_p} \quad (22)$$

где:  $\gamma_p$  - приведенная погрешность преобразователя абсолютного давления (из ТД преобразователя абсолютного давления), %;

$P_{MAX}$  - верхний предел измерений преобразователя абсолютного давления, Па.

Относительная погрешность измерения температуры воздуха в ресивере определяется по формуле:

$$\delta_t = \frac{\delta_t^{abc}}{t+273,15} \cdot 100\% \quad (23)$$

где:  $\delta_t^{abc}$  - абсолютная погрешность измерения температуры воздуха в ресивере, (из ТД измерителя температуры (термогигрометра), %.

Результаты поверки считаются положительными, если относительная погрешность установок при измерении объемного расхода при рабочих условиях не превышает указанную в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1».

7.5.9 Определение относительной погрешности установок при измерении объемного расхода при стандартных условиях<sup>1</sup>.

Определение относительной погрешности установок при измерении объемного расхода при стандартных условиях проводят одновременно с определением относительной погрешности установок при измерении объемного расхода при рабочих условиях.

Относительная погрешность установок при измерении объемного расхода при стандартных условиях вычисляется по формуле:

$$\delta_{CVj} = \sqrt{\delta_{y_j}^2 + \delta_p^2 + \left(\frac{\Delta P}{P_p}\right)^2 \delta_{\Delta P}^2 + \delta_t^2} \quad (24)$$

Примечание.

<sup>1</sup> Поверка по данному пункту проводится для установок, оснащенных функцией приведения объемного расхода и объема к стандартным условиям.

где:  $\delta_{y_i}$  - относительная погрешность измерения объемного расхода при рабочих условиях, %.

Результаты поверки считаются положительными, если относительная погрешность установок при измерении объемного расхода при стандартных условиях не превышает указанную в ТД «Установки поверочные газодинамические ИРВИС-УПГ-М. Паспорт. ИРВС 9000.0000.000 ПС1».

#### 7.5.10 Определение повторяемости при воспроизведении установкой объемного расхода.

Определение повторяемости при воспроизведении объемного расхода проводят на точках расхода  $Q_{\text{наим}}$ ;  $0,5 Q_{\text{наиб}}$ ;  $Q_{\text{наиб}}$ . При расходах  $Q_{\text{наиб}}$  и  $0,5 Q_{\text{наиб}}$  используется измерительная магистраль с наибольшим диаметром условного прохода, а при  $Q_{\text{наим}}$  - любая измерительная магистраль, входящая в состав установок.

Устанавливают заданный объемный расход, для чего, открывая необходимый набор ЭПР, устанавливают перепад давления между ресивером и сопловым блоком, который соответствует критическому режиму течения в ЭПР.

Запускают на ПЭВМ ПО «ИРВИС-ТП» и после выдержки в 1 минуту 10 раз считывают с экрана значение объемного расхода.

Повторяемость при воспроизведении объемного расхода определяют по формуле:

$$S_{\text{УПГ}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \left( \frac{Q_{ij} - Q_{\text{срj}}}{Q_{\text{срj}}} \right)^2}{9}} \times 100\% \quad (25)$$

$$Q_{\text{срj}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_{ij}}{10} \quad (26)$$

где:  $Q_{ij}$  - считанные с экрана ПЭВМ значения объемного расхода на j-ом режиме, м<sup>3</sup>/ч.

Результаты поверки считаются положительными, если повторяемость при воспроизведении установкой объемного расхода не превышает указанную 0,05%.

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки оформляются протоколами произвольной формы.

8.2 При положительных результатах поверки установку признают годной к применению, результаты поверки удостоверяются свидетельством о поверке, на установку наносят знак поверки.

8.3 Если установка по результатам поверки признана непригодной к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению.