

УДК 53.084

СОЗДАНИЕ ЭТАЛОННОГО СТЕНДА ГАЗОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ ДЛЯ КАЛИБРОВОЧНЫХ И ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ НА СВЕРХМАЛЫЕ РАСХОДЫ

Е.В.Минеев¹, С.С.Анцыферов¹, А.В.Петровский², И.В.Будкин²

¹ Московский технологический университет (МИРЭА),
119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78

² ООО Сигм плюс инжиниринг, 117342, Москва, ул.
Введенского 3 Москва, Россия
mineev_eugene@mail.ru

Текущая система обеспечения единства средств измерений существует еще с советских времен. Механизм сличения величины расхода газа строится на передаче его значения от государственного эталона к рабочим средствам измерений. При невозможности прямого измерения используются косвенные методы воспроизведения величины единицы. В последнее время появляется все больше средств измерений, уровень развития которых опережает существующие эталоны, и возникает необходимость в пересмотре парка существующих государственных эталонов. По этой причине появилась идея создания прототипа эталона для сверхмалых расходов газа.

Current system for ensuring the uniformity of measurement exists since the soviet era. The mechanism of comparison the flow rate of gas is based on the transfer of its value from the state etalon to working measuring instruments. If direct measurement is impossible then the indirect reproduction is required. In recent years the level and number of measuring equipment has been increased significantly and the park of existing national etalons has to be reviewed. For this reason the idea to create a prototype of etalon for ultralow flow of gas was appeared.

Ключевые слова: стенд калибровки, газовые расходомеры

Описание стенда

Стенд для калибровки измерителей/регуляторов расхода газов СПИ-01 (в дальнейшем стенд) предназначен для измерения расхода инертных газов. На данный момент стенд является рабочим эталоном средством измерений [1] и может применяться для градуировки расходомеров и регуляторов расхода газа, а также для их калибровки и поверки при выпуске из производства или ремонта, в процессе эксплуатации или после хранения. Область применения – метрологическое обеспечение рабочих средств измерений расхода газа. Стенд используется для измерения расхода газа в диапазоне от 2 до 10000 см³/мин. Расход газа рассчитывается исходя из результатов измерения времени прохождения поршня по цилиндру известного объема, температуры и давления газа под поршнем.

Стенд конструктивно состоит из двух частей (рис.1): блока управления и обработки информации и двух поршневых расходомеров (на разные диапазоны расходов). Блок контроля и управления представляет собой

персональный компьютер со специализированным программным обеспечением. Поршневой расходомер состоит из кварцевого цилиндра, поршня с ртутным уплотнением, датчиков температуры и давления газа, системы газовых линий и клапана с пневматическим управлением, который в свою очередь управляется электромагнитным клапаном. На вертикальных направляющих установлены пять сенсоров, состоящих из инфракрасных светодиодов с одной стороны и инфракрасных фотоприемников, с другой стороны. Когда поршень перекрывает световой поток, идущий от светодиода к фотоприемнику, происходит срабатывание сенсора. Значения объемов между срабатыванием первого и последующих сенсоров определяется в процессе первичной калибровки на заводе-изготовителе. В состав стенда входят два поршневых расходомера, отличающиеся геометрическими размерами измерительного цилиндра и поршня, на следующие диапазоны расходов: Т-916-TD на расход от 2 см³/мин до 1000 см³/мин, Т-950-TD на расход от 200 см³/мин до 10000 см³/мин. Для стенда предусмотрена возможность пересчета объемного расхода с учетом температуры и давления, актуальных на момент проведения работ.

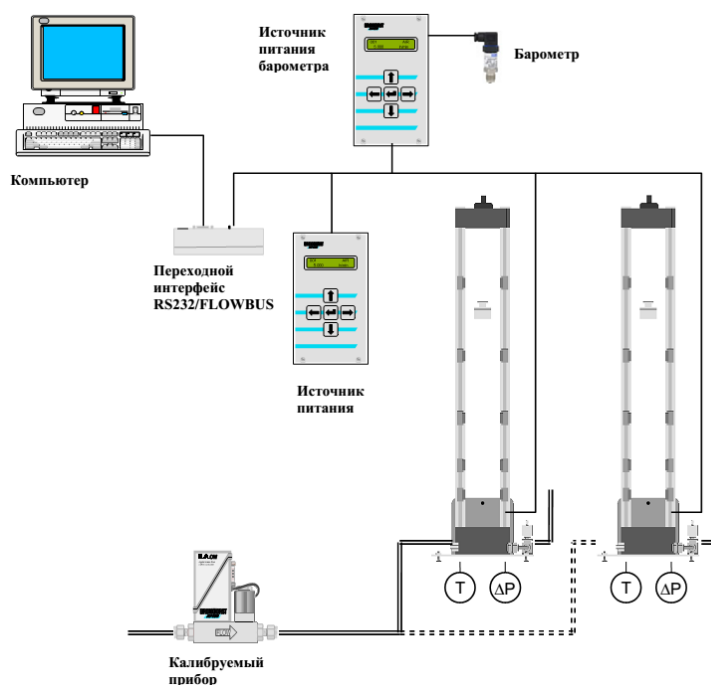


Рис.1 Схема стенда

Рабочие газы: азот, гелий, аргон, водород, диоксид углерода с относительной влажностью не более 70 %. Режим работы – циклический, время одного измерения от 3 до 150 с в зависимости от диапазона расходов.

Условия эксплуатации:

температура окружающего воздуха от 290 до 300 К (от 17 до 27 °С);
атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);
относительная влажность окружающей среды не более 80 % при
температуре 25 °С;

Диапазоны измерений объемного расхода газа и пределы допускаемой относительной погрешности стенда приведены в таблице.

Таблица

Название поршневого расходомера	Диапазон измерений, см ³ /мин	Номинальная цена наименьшего разряда индикации значения расхода, см ³ /мин	Пределы допускаемой относительной погрешности стенда при измерении значений расхода, приведенного к нормальным условиям, %
T-916-TD	2,000 – 1000,000	0,001	±0,2
T-950-TD	200,00 – 10000,00	0,01	±0,2

Стенд для калибровки предназначен для измерения расхода газа. Входящие в него поршневые расходомеры измеряют объемный расход. Пересчитать результаты их измерений на другие условия можно, пользуясь формулой:

$$\frac{p_1 \cdot \Phi_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot \Phi_2}{T_2}$$

из которой можно получить значения расхода при условиях 0°С или 273,15 К, 101,325 кПа:

$$\Phi_n = \Phi_a \cdot \frac{T_n}{T_a} \cdot \frac{p_a}{p_n},$$

где:

Φ_n - объемный расход при нормальных условиях, см³/мин,

Φ_a - объемный расход при реальных условиях, см³/мин,

T_n - температура при нормальных условиях, К (273,15 К),

T_a - температура при реальных условиях, К,

p_n - давление при нормальных условиях, кПа (абс) (101,325 кПа),

p_a - давление при реальных условиях, кПа (абс).

Принцип работы поршневого расходомера

Поршневой расходомер состоит из кварцевой трубы с движущимся внутри поршнем, уплотненным ртутью. При подаче газа, поршень начинает подниматься по вертикально установленной кварцевой трубе, поочередно перекрывая лучи сенсоров (оптопар), установленных на внешней части трубы. Перекрытие первого сенсора служит сигналом к началу отсчета, а время прохождения каждого следующего сенсора фиксируется. Зная объемы между первым и последующими сенсорами (V), а также время их прохождения (t), можно рассчитать скорость газового потока:

$$\Phi_a = \frac{V}{t}.$$

Получив значения от встроенных датчиков температуры и давления внутри трубы, можно рассчитать значение расхода при условиях 0°C, 101,325 кПа:

$$\Phi_n = \frac{V}{t} \cdot \frac{T_n}{T_a} \cdot \frac{p_a}{p_n}.$$

При этом значение p_a равно давлению внутри расходомера в абсолютных единицах.

Стенд состоит из двух поршневых расходомеров, блока управления и обработки информации, который также питает поршневые расходомеры.

Поршневые расходомеры подключаются попеременно, в зависимости от диапазона, расходом калибруемого прибора. Измерительная часть поршневого расходомера состоит из прецизионной кварцевой трубы постоянного диаметра, которая устанавливается вертикально на платформе. Вертикальность положения можно отъюстировать четырьмя винтовыми ножками, на которых устанавливается платформа. Кварцевая труба зажимается между двумя, верхним и нижним, установочными блоками. Эти блоки соединены между собой двумя вертикальными направляющими. Нижний установочный блок содержит в себе входной и выходной штуцеры, датчик температуры и давления. С задней стороны этого блока находится кожух с обрабатывающей электроникой. Электроника подключается по цифровой шине стандарта RS485(Flowbus).

На выходе газового потока установлен нормальнооткрытый отсечной пневматический клапан, который управляется электрическим клапаном с питающим давлением 0,5...0,7 МПа (изб), помещенным в кожух электроники.

Верхний установочный блок служит для предотвращения вылета поршня в случае нештатной ситуации и содержит фильтр, предотвращающий попадание загрязнений внутрь трубы.

На вертикальных направляющих устанавливаются пять сенсоров,

состоящих из инфракрасных светодиодов с одной стороны и инфракрасных фотоприемников - с другой стороны. Когда поршень перекрывает световой поток, идущий от светодиода к фотоприемнику, происходит срабатывание сенсора. Значения объемов между срабатыванием первого и последующих сенсоров определяется в процессе первичной калибровки на заводе - изготовителе.

Вся информация с помощью цифровой шины направляется в блок управления и обработки информации. Полученная информация обрабатывается блоком посредством специализированного программного обеспечения, которое позволяет рассчитать показания расхода для нормальных условий, а также на рабочие условия и/или для различных газов.

Заключение

Создание поверительного стенда на основе поршневых расходомеров позволит проводить прямые поверочные испытания и калибровочные работы для приборов с расходами от 2 до 10000 см³/мин и заявленной относительной погрешностью $\pm 0,8\%$. В развитии данной работы рабочий эталон планируется сделать эталоном более высокого порядка. Другой целью будет проведение аттестации стенда для возможности проведения первичной и периодической поверки с оформлением свидетельства государственного образца.

Литература

Петровский А.В. Стенд для калибровки измерителей/регуляторов расхода газов СПИ-01». Руководство по эксплуатации. Редакция 2014. с. 4-7.