

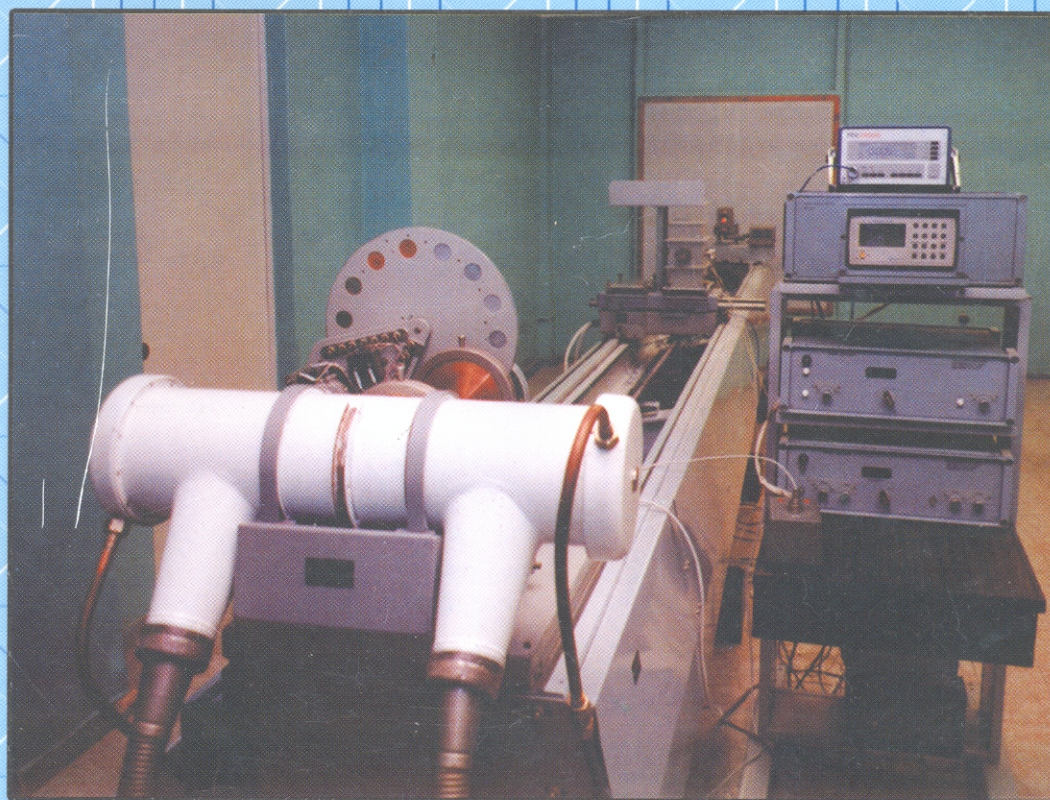
Київ

УКРАЇНСЬКИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



ВИПУСК 1

2003



Головний редактор:

Г.С.Сидоренко, канд. техн. наук, доц.

**Заступник головного редактора,
науковий редактор:**

Ю.Ф.Павленко, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар:

Л.Д.Камишанова

Члени редколегії:

В.Б.Большаков, д-р техн. наук, ст. наук. співр.

Г.Я.Гафанович, канд. техн. наук, ст. наук. співр.

В.Ю.Камінський, д-р техн. наук, ст. наук. співр.

О.С.Клейман, д-р техн. наук, проф.

М.І.Кравченко, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.

В.С.Купко, канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Б.Ф.Марков, канд. техн. наук, доц.

Ю.П.Мачехін, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.

Л.А.Назаренко, д-р техн. наук, проф.

Г.Ю.Народницький, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.

В.П.Оголюк, канд. техн. наук, ст. наук. співр.

О.В.Прокопов, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.

М.С.Рожнов, канд. хім. наук, ст. наук. співр.

І.В.Руженцев, д-р техн. наук, проф.

В.С.Соловійов, д-р техн. наук, проф.

В.М.Чинков, д-р техн. наук, проф.

Засновник і видавник – Державне науково-виробниче об'єднання “Метрологія”.
Свідоцтво про державну реєстрацію
Сер. КВ №2237 від 26 вересня 1996 р.

Адреса редакції: 61002, Харків, вул. Мироносицька, 42,
ДНВО “Метрологія”.

Телефон: (0572) 40-33-43

Факс: (0572) 43-61-93

E-mail: omipi@metrology.kharkov.ua

*На першій сторінці обкладинки – державний еталон одиниць експозиційної дози,
потужності експозиційної дози рентгенівського та гамма-випромінень*

© Державне науково-виробниче об'єднання “Метрологія”, 2003

УКРАЇНСЬКИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Науково-
технічне
видання



ВИПУСК 1 2003

ЗМІСТ

Звернення до авторів та читачів “Українського метрологічного журналу”	5
Творці національної еталонної бази – лауреати Державної премії України в галузі науки і техніки 2002 року	6

Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції “Метрологія-2002”

О.С.Клейман, В.С.Соловійов, О.О.Ткачук, В.М.Романько	Концепція розвитку базового координатно-часового забезпечення України	7
В.Н.Чинков, С.В.Герасимов	Комплексная методика оптимизации контролируемых параметров сложных технических объектов	11
В.Я.Гальченко, М.А.Воробьев	Структурный синтез мер магнитной индукции с заданными свойствами	16
В.П.Середний, Ю.А.Шевелев	Сличение ваттметров СВЧ с помощью устройств на основе коаксиальных резистивных делителей	21
Ю.О.Скрипник, О.П.Яненко, В.О.Іващенко, Г.В.Юрчик	Калориметричний вимірювач НВЧ-потужності з напівпровідниковим термоперетворювачем	26

Загальна та законодавча метрологія

Я.С.Довженко, О.В.Прусихин	Связь технологии производства с уровнем развития измерений	29
----------------------------	--	----

Вимірювання часу та частоти

О.С.Клейман, О.В.Романько, В.М.Романько	Використання комп'ютера для визначення частотних характеристик прецизійних мір частоти	31
--	--	----

Вимірювання електричних та магнітних величин

В.П.Себко, Г.М.Сучков	Электромагнитно-акустический способ неразрушающего контроля. Часть 1. Эффект электромагнитно-акустического преобразования	35 ✓
В.В.Дегтярьов, А.В. Дегтярьов	Основні метрологічні характеристики засобів просторового гармонічного аналізу	38
А.А.Марусенков	Возможности повышения экономичности феррозондовых магнитометров	42

Вимірювання оптичних та оптико-фізичних величин

О.В.Бондаренко, Н.В.Гурьев, А.Л.Назаренко, В.И.Полевой	Влияние спектрального распределения освещенности на параметр нелинейности фотоприемных устройств	45
А.Б.Катрич	Диагностика пространственно-энергетических параметров лазерного пучка	49

Вимірювання механічних величин

В.Ф.Рубанов	Проблемы метрологического обеспечения в области кинематометрии	54
-------------	--	----

Вимірювання потоку, витрат, рівня, об'єму речовин та тиску

В.И.Карташев, В.И.Стецюра, А.Н.Фурса, В.Л.Дячук	Определение эффективной площади измерительных поршневых систем	57
--	--	----

На допомогу метрологу-практику

К.В.Черкас, Г.О.Татарченко, С.П.Каленюк	Газовая расходомерная установка на основе метода вытеснения и оценка точности установки	61
--	---	----

Стандартні зразки складу та властивостей речовин і матеріалів

Перечень межгосударственных стандартных образцов, внесенных в реестр МСО в 2001–2002 гг.	65
--	----

Ювілеї

В.К.Копылу – семьдесят пять!	67
------------------------------	----

Інформація

Про створення спеціалізованої вченої ради	68
2-га зустріч кореспондентів КОOMET ТК 1.10 “Термометрія і теплофізика”	68
Перелік засобів вимірювальної техніки, які занесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні на підставі результатів державних випробувань (за станом на 01.01.2003)	69
Памяти С.М.Кальф-Калифа	72

УДК 681.12

ГАЗОВАЯ РАСХОДОМЕРНАЯ УСТАНОВКА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВЫТЕСНЕНИЯ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ

К.В.Черкас, Г.О.Татарченко, С.П.Каленюк

Представлена конструкция установки, основанная на методе вытеснения жидкостью газа, поступающего на поверяемый прибор. Приведён вариант построения газовой расходомерной установки на базе измерения уровня жидкости дифманометром. Показаны основные направления по улучшению метрологических характеристик данных расходомерных установок и рассмотрены их основные погрешности.

В химической промышленности, как и в некоторых других отраслях, где применяются методики количественного химического анализа, для измерения объема и объемного расхода газа широко используются счетчики газа барабанные типа ГСБ. Несмотря на то что эти приборы применяются уже не один десяток лет, их поверка (калибровка) и до настоящего времени вызывает определенные трудности.

Государственная поверочная схема для средств измерений объема и объемного расхода газа [1] предусматривает три варианта поверки: 1) поверка с использованием государственного специального эталона единицы объема и объемного расхода газа; 2) поверка методом непосредственного сравнения с эталонными счетчиками газа; 3) поверка с использованием колокольных расходомерных установок.

Но ни один из предложенных вариантов зачастую не может быть приемлем для владельцев счетчиков газа. Использование для поверки данных счетчиков государственного эталона неоправданно экономически. Эталонные счетчики газа отсутствуют в большинстве территориальных органов Госпотребстандарта. Наиболее традиционный метод поверки на установке с колокольным газовым мерником 2-го разряда, предложенный еще в Инструкции 22-56 и затем в ГОСТ 8.324-78 [2,3], также не нашел широкого применения, в первую очередь, из-за отсутствия специализированных предприятий – изготовителей таких установок.

В последние годы специалисты г. Ивано-Франковска стали заниматься проектированием колокольных расходомерных установок, но преимущественно для больших объемных расходов. Оценка точности таких установок – процедура трудоемкая и представляет собой метрологически

сложную задачу [4]. Поэтому изготовление и метрологическая аттестация газовых колокольных расходомерных установок своими силами для владельцев счетчиков газа являются практически невыполнимой задачей, а по причине того, что в эксплуатации на предприятии, как правило, находится от нескольких единиц до нескольких десятков счетчиков газа, то и экономически нецелесообразной.

В силу вышеуказанных причин вопросы поверки (калибровки) счетчиков газа класса точности 1 – 4, в частности, газобарабанных типа ГСБ (класса точности 1), для их владельцев остаются практически нерешенными. Для обеспечения поверки счетчиков газа барабанных типа ГСБ авторы предлагают применить метод вытеснения [5] строго определенных порций газа (воздуха) из мерной емкости жидкостью (водой), поступающей в данную емкость. Метод можно считать корректным при соблюдении всех условий и требований, установленных в методике поверки, предложенной ГОСТ 8.324-78. Данный метод поверки счетчиков газа может быть реализован на базе статической расходомерной установки, которая применяется для поверки счетчиков холодной воды по ГОСТ 8.156-83 [6] и имеется на многих предприятиях. На рисунке изображена принципиальная схема установки.

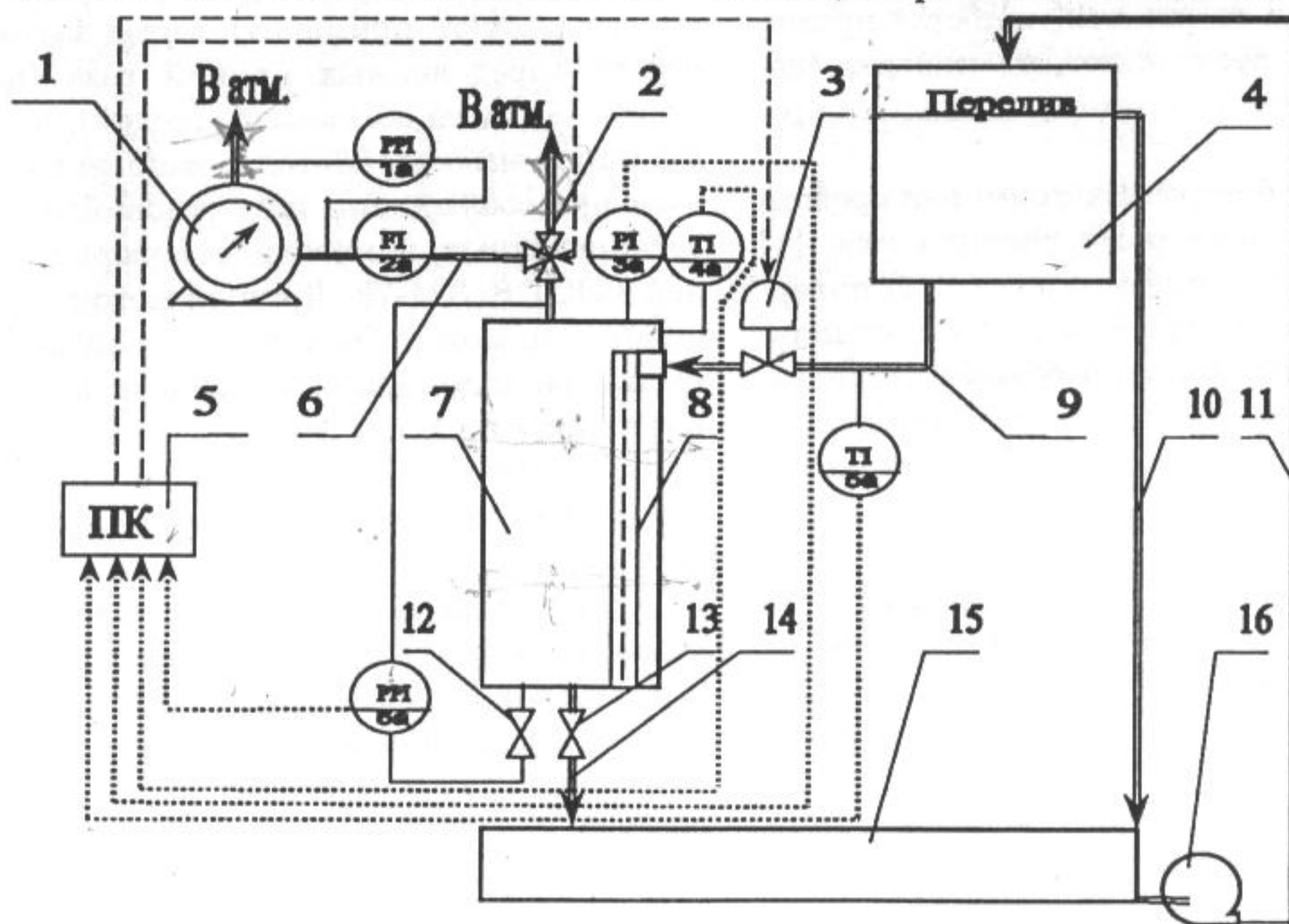
В сливной резервуар 15 наливается необходимое количество водопроводной воды, температура которой поддерживается в пределах $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Воздух в помещении, где проводятся данные работы, поддерживается в заданном интервале температур, соответствующем нормальным условиям по ГОСТ 8.324-78 [3] для поверки приборов. Затем вода закачивается в напорный бак 4 (на высоту 10 м) насосом 16. При этом вентиль 13 открыт, а регулирующий кран 3 и отсечной вентиль 12 закрыты. Электропневматический клапан (ЭПК) 2 находится в положении, при котором мерная емкость 7 сообщается с атмосферой. При достижении в напорном баке 4 перелива по трубопроводу 10 необходимо перекрыть вентиль 13 и открыть отсечной вентиль 12. Установка готова к работе, то есть может выдавать необходимое количество газа с необходимой скоростью его истечения через ЭПК 2, что достигается открытием регулирующие-

го крана 3 на необходимую величину с одновременным началом отсчёта количества поступившей воды по показаниям дифманометра с электрическим выходным сигналом 6а. (Мерная емкость и дифманометр предварительно совместно градуируются с целью получения зависимости между уровнем и объемом жидкости, что позволяет судить о количестве вытесненного газа из мерной емкости по показаниям дифманометра, который измеряет уровень жидкости в мерной емкости). По окончании времени измерения или при заполнении водой мерной ёмкости регулирующий кран 3 перекрывается. Объем вытесненного газа из ёмкости равен объему жидкости, поступившей в мерную ёмкость. После записи результатов измерений открывается вентиль 13, и вода из мерного бака 7 сливается в сливной резервуар 15. Далее цикл можно повторить.

Если с началом и окончанием отсчёта объема измерять и время наполнения данного объема, то можно вычислять расход газа, то есть использовать данный метод не только для поверки счётчиков газа, но и для поверки газовых расходомеров, ротаметров.

На рисунке показан пример подключения лабораторного газового счётчика 1 типа ГСБ-400 с необходимыми контролирующими приборами 1а, 2а, 3а (по ГОСТ 8.324-78). Также показан один из

способов автоматизации данной расходомерной установки при помощи дифманометра 6а и ЭВМ 5. Дифманометр удобно использовать с электрическим выходным сигналом, который затем можно вводить в компьютер и быстро рассчитывать объём и расход газа с коррекцией по температуре (4а, 5а) и давлению (3а) газа в мерной ёмкости. Далее управляющий сигнал можно выдавать на регулирующий электрический кран 3 и, таким образом, осуществлять управление пуском, остановкой и расходом газа, то есть управлять расходом газа с помощью регулирования проходного сечения крана 3 (регулирования притока воды). До начала отсчёта порции газа, когда уровень воды подходит к заданной точке срабатывания ЭПК 2, данный клапан находится в положении, при котором воздух стравливается в атмосферу. При достижении заданного нижнего уровня клапан переключается на противоположное состояние, и воздух начинает поступать на поверяемый прибор. По окончании измерения определённой порции газа, то есть при достижении верхнего уровня срабатывания, ЭПК возвращается в своё исходное положение. Таким образом, выдаётся строго регламентированная порция газа на поверяемый прибор при заданном расходе. Управление работой ЭПК совместно с регулируемым краном несложно осуществить при помощи персонального компьютера.



Принципиальная схема поверочной установки для поверки счётчиков газа методом вытеснения: 1 – поверяемый счётчик газа; 2 – переключающий пневматический клапан с электроприводом (на два положения); 3 – регулирующий кран с электроприводом; 4 – напорная емкость; 5 – персональный компьютер (IBM PC); 6 – линия поступления газа из мерной ёмкости в поверяемый прибор; 7 – мерная ёмкость; 8 – устройство, демпфирующее поверхностное волнение жидкости (трубка с продольными прорезями); 9 – питающий трубопровод; 10 – переливной трубопровод; 11 – напорный трубопровод; 12 – отсекающий вентиль; 13 – сливной вентиль; 14 – сливной трубопровод; 15 – сливная емкость; 16 – насос; 1а(PPI)* – мановакуумметр двухтрубный; 2а(FI)* – ротаметр; 3а(PI) – преобразователь избыточного давления; 4а(TI), 5а(TI) – термопреобразователи сопротивления; 6а(PPI) – преобразователь гидростатического давления (дифманометр)

* Приборы 1а, 2а необходимы для поверки конкретных типов счётчиков газа и в состав поверочной установки могут не включаться.

Важные моменты конструкции установки:

Оценивание линейности исполнения цилиндра мерной емкости. Мерная ёмкость 7 и дифманометр 6а предварительно градуируются одним из известных способов (проливание мерной ёмкости образцовым сливным мерником 1-го разряда или многократное измерение внутреннего диаметра цилиндра (мерника) в вертикальном перемещении измерений по высоте цилиндра [7,4]);

Обеспечение постоянного расхода (напора) воды, вытесняющей воздух. В напорном баке 4 уровень воды поддерживается постоянным, так как насос 16 имеет производительность большую, чем расход воды через кран 3. Излишки воды сливаются через переливное устройство в трубопровод 10 и поступают в сливной резервуар 15, то есть во время наполнения мерной ёмкости 7 насос 16 находится постоянно в режиме подпитки бака 4.

Для достижения наименьших погрешностей при воспроизведении и передаче единиц объёма газа методом вытеснения необходимо соблюдать следующие требования:

обеспечение систем стабилизации постоянства притока жидкости в мерную ёмкость и максимально возможное сглаживание пульсаций давления жидкости, возможных в результате работы нагнетающего насоса;

минимизация погрешности от колебания уровня волнения жидкости в мерном баке, возникающего в результате падения или истечения жидкости из подающего трубопровода;

обеспечение постоянства площади поперечного сечения по высоте мерной ёмкости;

отсутствие увеличения или уменьшения количества жидкости и газа в звеньях трубопроводов в результате утечек, теплового расширения или сжатия и других факторов;

проведение необходимой коррекции результатов измерения объёма газа с учетом влияния изменения давления, температуры, влажности окружающего воздуха;

обеспечение необходимой погрешности уровнемера, таймера и способов запуска и остановки таймера;

сведение к минимуму влияния динамических явлений на статический метод измерения уровня жидкости в мерной ёмкости.

Метрологические особенности работы установки следующие.

Предложенный авторами метод, основанный на принципе вытеснения газа жидкостью, предполагает измерение уровня поступающей жидкости в мерной ёмкости. Средний объёмный расход газа $q_{VГ}$, вытесняемый из мерной ёмкости, при выполнении всех требований, описанных выше, будет равен среднему объёмному расходу жидкости $q_{VЖ}$, поступающей в мерную ёмкость:

$$q_{VЖ} = \frac{V_{Ж}}{T},$$

где $V_{Ж} = V_{ЮЖ} - V_{ЮК}$ — измеряемый объём жидкости, $м^3$ ($V_{ЮК}$ и $V_{ЮЖ}$ — начальный и конечный объёмы жидкости, $м^3$); T — время заполнения объёма, с.

Поскольку $V_{Ж} = V_{Г}$, объёмный расход жидкости равен объёмному расходу газа:

$$q_{VЖ} = q_{VГ} = \frac{V_{Г}}{T}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где $V_{Г} = V_{КГ} - V_{НГ}$ — вытесненный объём газа, $м^3$ ($V_{НГ}$ и $V_{КГ}$ — начальный и конечный объёмы газа, соответствующие начальному и конечному объёму жидкости в мерной ёмкости, $м^3$).

Так как в данной расходомерной установке используется цилиндрическая мерная ёмкость, объём вытесненного газа $\Delta V_{Г}$ описывается зависимостью

$$\Delta V_{Г} = \pi r^2 \Delta h_{Ж}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где r — радиус мерной ёмкости, м; $\Delta h_{Ж} = h_{ЮК} - h_{ЮЖ}$ — разность уровней заполнения ёмкости жидкостью, м; $h_{ЮК}$ и $h_{ЮЖ}$ — начальный и конечный уровень жидкости в ёмкости, м.

Измерение уровня жидкости в данной расходомерной установке осуществляется при помощи дифманометра, который в данном случае используется в качестве гидростатического уровнемера. Его принцип действия основан на измерении давления столба жидкости, высота которого равна высоте уровня жидкости в ёмкости, и характеристика преобразования дифманометра имеет вид [7,8]

$$\Delta h_{Ж} = \frac{\Delta P}{g(\rho_{Ж} - \rho_{Г})}, \text{ м}, \quad (3)$$

где $\Delta P = P_{Н} - P_{В}$ — измеряемая разность давлений, Па; $P_{Н}$ — давление в нижней части ёмкости, Па; $P_{В}$ — давление в верхней части ёмкости, Па; g — ускорение свободного падения, $м/с^2$; $\rho_{Ж}$ и $\rho_{Г}$ — плотность жидкости и газа соответственно, $кг/м^3$.

Подставляя уравнения (2) и (3) в (1), имеем зависимость

$$q_{VГ} = \frac{\pi r^2 \Delta P}{g(\rho_{Ж} - \rho_{Г})T}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4)$$

Как видно из (4), точность воспроизведения заданного расхода $q_{VГ}$ зависит от точности определения таких параметров, как r , ΔP , g , $\rho_{Ж}$, $\rho_{Г}$ и T .

Количество вытесненного газа

$$V_{Г} = \frac{\pi r^2 \Delta P}{g(\rho_{Ж} - \rho_{Г})}, \text{ м}^3.$$

Тогда полные погрешности измерения количества вытесненного газа и объёма газа следующие [9–11]:

$$\sigma_{V_{Г}} = \left[\left(\frac{\partial V}{\partial r} \sigma_r \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial P} \sigma_P \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial g} \sigma_g \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \rho_{Ж}} \sigma_{\rho_{Ж}} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \rho_{Г}} \sigma_{\rho_{Г}} \right)^2 + \sigma_0^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

$$\sigma_{qr} = \left[\left(\frac{\partial q}{\partial r} \sigma_r \right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial P} \sigma_P \right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial g} \sigma_g \right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial \rho_{ж}} \sigma_{\rho_{ж}} \right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial \rho_{г}} \sigma_{\rho_{г}} \right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial T} \sigma_T \right)^2 + \sigma_0^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

где σ_r – погрешность измерения радиуса мерной емкости (точность используемых мерных инструментов); σ_P – погрешность измерения гидростатического давления (погрешность дифманометра); σ_g – погрешность определения ускорения свободного падения; $\sigma_{\rho_{ж}}$ – погрешность определения плотности жидкости (воды); $\sigma_{\rho_{г}}$ – погрешность определения плотности газа (воздуха); σ_T – погрешность измерения времени (таймера) заполнения мерной емкости; σ_0 – погрешность отклоняющих устройств.

Согласно государственной поверочной схеме для средств измерения объема и объемного расхода газа [1] поверочные установки образцовых средств измерительной техники должны иметь относительную погрешность от 0,15 до 0,5 % с доверительной вероятностью 0,99. Создание рабочего эталона для решения поставленной задачи подразумевает достижение общей погрешности воспроизведения и измерения объема газа не хуже 0,3 %, а расхода газа не хуже 0,5 %. Для достижения требуемой точности воспроизведения и передачи единицы измерений объема и объемного расхода газа посредством предложенного рабочего эталона необходимо оснастить поверочную установку средствами измерительной техники со следующими метрологическими характеристиками: преобразователь избыточного давления (манометр) и преобразователь гидростатического давления (дифманометр) с электрическими выходными сигналами класса точности не хуже 0,25; термопреобразователи сопротивления класса А (в интервале температур $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ имеют погрешность $0,1^\circ\text{C}$ или 0,5 %).

Известно, что в расходомерных установках различного типа основную погрешность вносят так называемые отклоняющие или перекидывающие устройства, что объясняется объективными моментами: инерционностью данных устройств, трудной воспроизводимостью динамических характеристик и др. Улучшать характеристики данных отклоняющих устройств представляется возможным двумя способами: сокращением времени срабатывания и учетом траектории (или функции) срабатывания. И первый, и второй способы в определенной степени представляют резерв для повышения точности воспроизведения и измерения газовых потоков в предлагаемой расходомерной установке.

В заключение можно сделать вывод, что разработанная газовая расходомерная установка, основанная на методе вытеснения газа жидкостью, может быть использована в качестве эталонной для калибровки и поверки газовых счетчиков и расходомеров классов точности 1 – 4.

Список литературы

1. ДСТУ 3383-96 Державна повірочна схема для засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу.
2. Инструкция 22-56 по поверке газосчетчиков и испытательных установок для них. -М.: Изд-во Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при СМ СССР, 1970.
3. ГОСТ 8.324-78 ГСИ. Счетчики газа. Методы и средства поверки.
4. Бродин Ю.И. // Український метрологічний журнал. -1998.-Вип.3.-С.48-51.
5. А.с. 1418575 СССР. Способ поверки счетчиков газа/ Б.К. Сиранов, В.В. Екатеринин, В.И. Гусев и др. - Оpubл. 1988, Бюл. № 31.
6. ГОСТ 8.156-83 ГСИ. Счетчики холодной воды. Методика и средства поверки.
7. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. -М.: Изд-во стандартов, 1990. -287 с.
8. Гаузнер С.И., Кивилис С.С., Осокина А.П., Павловский А.Н. Измерение массы, объема и плотности: Учебник. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - 528 с.
9. ГОСТ 8.381-80 ГСИ. Эталоны. Способы выражения погрешностей.
10. Большаков В.Б., Косач Н.И. // Український метрологічний журнал.-2001. -Вип.4.-С.50-53.
11. Кухлинг Х. Справочник по физике /Пер. с нем. - М.: Мир, 1982. - 520 с.

GAS VOLUME MEASURING PLANT ON THE BASE OF THE METHOD OF DISPLACEMENT AND ESTIMATION OF PLANT ACCURACY

K.V.Cherkas, G.O.Tatarchenko, S.P.Kalenyuk

The construction of the plant is presented that is based on the method of gas, which enters the verified instrument, displacement with liquid. The version of realization of gas volume measuring plant on the base of liquid level measurement by differential manometer is given. The main directions on improvement of metrological characteristics of volume measuring plants data are given and their main errors are considered.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Черкас Костянтин Володимирович – керівник витратомірної лабораторії Сєверодонецького ДВП "Об'єднання "Азот"
Татарченко Галина Олегівна – кандидат технічних наук, доцент, учений секретар Сєверодонецького технологічного інституту Східноукраїнського національного університету
Каленюк Сергій Петрович – провідний інженер з метрології Сєверодонецького ДВП "Об'єднання "Азот"