

УДК 623.004.67

А.М. Науменко, М.В. Жила

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## ВЖИВАННЯ ВИХРОВИХ ВИТРАТОМІРІВ-ЛІЧИЛЬНИКІВ У ТЯЖКИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Аналізуються методи побудови та принципи дії вихрових витратомірів-лічильників, що використовуються для вимірювання витрати нагрітої пари, наведені їх технічні характеристики. Перераховані переваги вихрових витратомірів-лічильників, що дозволяють застосовувати їх в тяжких умовах експлуатації.*

**Ключові слова :** вихровий, витратомір, лічильник.

### Вступ

**Постановка задачі.** Витратоміри, що призначені для обліку газів і пари, постійно удосконалюються з врахуванням досвіду його експлуатації і зауважень споживачів. Тому актуальною задачею є аналіз впливу цих удосконалень на характеристики, особливо метрологічні, вихрових частотомірів.

**Аналіз літератури.** В відомій літературі [1 – 5] розглядаються методи та принципи побудови вихрових витратомірів-лічильників та їх короткі технічні характеристики. Але в цій літературі не аналізуються впливаючі фактори складних умов експлуатації на метрологічні характеристики цих приладів.

**Метою статті** є дослідження характеристик вихрових витратомірів-лічильників останніх модифікацій, що ввібрали в себе весь попередній як конструктивний, так і експлуатаційний досвід.

### Основний матеріал

Вихрові витратоміри даного типу мають 12 типорозмірів від Ду 32 до Ду 700 мм з вимірюваними витратами в робочих умовах від 4 до 120000 м<sup>3</sup>/годину. Максимальний робочий тиск 30 МПа і максимальна температура вимірюваного середовища 575°C дозволяють використовувати ці витратоміри для вимірювання витрат перегрітої пари на ТЕЦ і ГРЕС, де жоден витратомір, окрім витратомірів з

звужуючим пристроєм, раніше не застосовувався. Дані витратоміри забезпечують вимірювання витрат в діапазоні 1:20 з похибкою не більш  $\pm 1\%$  у робочих умовах. Втрати тиску на них майже на порядок нижче, ніж на звужуючих пристроях рівного діаметру.

До найбільш жорстких середовищ, на яких експлуатуються ці витратоміри, відносяться попутний нафтовий газ (ПНГ) і перегріта пара з температурою понад 550 °C і тиском 14 МПа. У першому випадку витратомір виступає як лічильник газу, в другому – лічильника пари. Складнощі, що виникають при вимірюванні витрат високотемпературної пари при великому тиску зрозумілі кожному фахівцеві, – в цих умовах звужуючі пристрої служать не більше року. Висока температура пари у поєднанні з великим тиском дають такий корозійний ефект, що трубопроводи, що працюють під тиском понад 20 МПа, доводиться міняти щорік.

Попутні нафтові гази є складною сумішшю органічних і неорганічних речовин змінного складу. Часто вони містять хімічно активні речовини: сірководень, діоксид сірки і вуглекислий газ, які у присутності води викликають кислотну корозію матеріалів витратоміру. Наявність вільного кисню вносить свій вклад в окислювальну корозію. Крім того, ПНГ містять високомолекулярні з'єднання, схильні до налипання і коксування на поверхнях витратоміру.

Окрім цього, вони містять значну долю механічних домішок, як правило, пісок, який надає ерозійну дію на будь-які поверхні, з якими стикається потік газу. І, нарешті, низький тиск ПНГ, що добувається, створюють додаткові складнощі для виміру його витрат. Через перераховані причини спроби використувати окрім звужуючих пристроїв інших типів витратомірів закінчувалися невдачею. Так, на одному з газопереробних підприємств ОАО "Сибур" були встановлені витратоміри "V-bar" фірми "EMCO", але із-за залипання робочих поверхонь через півроку від цих витратомірів довелося відмовитися.

Метрологи нафтогазових компаній періодично аналізують досвід найвідоміших зарубіжних виробників лічильників газу і регулярно отримують відповіді про неможливість вживання продукції цих фірм для таких умов експлуатації.

Раніше витрати ПНГ і високотемпературної пари вимірювалися лише звужуючими пристроями (ЗП), які володіють суттєвими недоліками.

З кінця 2004 р. виміром витрат попутних нафтових газів вихровими витратомірами зацікавилися нафтогазовидобувні і газопереробні підприємства. На даний час нафтогазовидобувним компаніям вже поставлено багаточисельний ряд вихрових витратомірів для виміру витрат ПНГ з умовним проходом діаметром від 50 до 500 мм.

Які ж особливості дозволяють вихровим витратомірам стійко працювати на вимірюванні витрат нафтових газів і гострої пари? Перш, ніж відповісти на це питання, коротко розглянемо принцип роботи вихрових витратомірів. У вихровому витратомірі використовується явище періодичного формування і зриву вихорів, що спостерігається при обтіканні потоком газу тіла, поміщеного в поперечному перетині трубопроводу.

Частота зриву вихорів залежить від геометричних розмірів тіла обтікання, середній швидкості потоку і прямо пропорційна витраті газу. Для конкретного витратоміру регулярна вихрова доріжка, що утворюється, має постійні геометричні розміри. Простіше кажучи, відстань між сусідніми вихорами як по потоку так і впоперек потоку є величина постійна (рис. 1), а зміну швидкості потоку викликає прямо пропорційне збільшення/зменшення частоти утворення вихорів.

Другий важливий момент витратометрії взагалі, і вихровий зокрема – спосіб знімання інформації про зміну швидкості потоку газу в трубі. Для вихрових витратомірів цей спосіб полягає у вимірі частоти вихроутворення. Вимір частоти вихроутворення у витратомірі даного типу виробляється за допомогою двох п'єзодатчиків моменту, що перетворюють пульсації тиску регулярної вихрової доріжки в електричний сигнал, який після посилення і формування

несе інформацію про величину об'ємної витрати (рис. 2).

В порівнянні з іншими типами витратомірів (в першу чергу, в порівнянні з ЗП) і з вихровими витратомірами інших типів володіють наступними перевагами:

1) незначний вплив зміни геометричних розмірів тіла вихроутворення, що виникають унаслідок ерозії і корозії, на метрологічні характеристики. Це пояснюється, тим, що залежність витрати від частоти утворення вихорів носить лінійний характер, а не квадратичний, як в звужуючих пристроях. Для діафрагми, наприклад, зміна геометрії і розмірів отвору або притуплювання його кромки вимагає її заміни або доопрацювання;

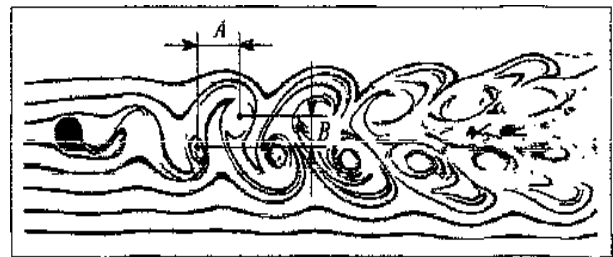


Рис. 1. Вихрова доріжка Кишені, що виникають за погано обтічним циліндром.

Частота вихроутворення пропорційна швидкості набігаючого потоку. Величини А і В постійні і залежать лише від геометрії і розмірів тіла вихроутворення

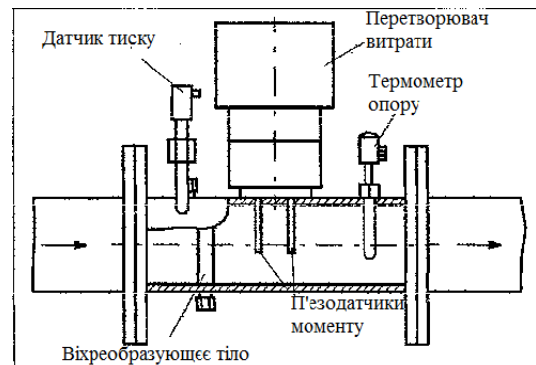


Рис. 2. Первинний перетворювач витрати "ІРГА-РВ"

2) з цієї ж причини метрологічні характеристики вихрового витратоміру залишаються незмінними в широкому діапазоні витрат і тиску, тоді як на звужуючих пристроях зміна витрати і тиску спричиняє за собою зміну похибки. Вихровий витратомір забезпечує незмінну похибку +1 % у широкому діапазоні зміни витрат 1:20, тоді як за допомогою діафрагми з двома дифманометрами можна вимірювати витрати в діапазоні 1:10, і при цьому похибка вимірів змінюватиметься у декілька разів при зміні витрати від найбільшого до найменшого;

3) вихроутворююче тіло володіє здібністю до самоочищення своїх робочих кромки: оскільки тиск

усередині вихорів нижчий, та більшість часток засмоктовуються всередину вихорів і не стикаються з віхреутворюючим тілом, відповідно, відсутня інтенсивна його ерозія;

4) зазвичай датчики тиску для знімання частоти вихороутворення вмонтовуються урівень стінкою витратоміру, тобто в зоні найменшої швидкості. Для знімання інформації у витратомірі використовуються п'єзодатчики моменту, які виступають в проточну частину витратоміру. В результаті знімання інформації відбувається не в пристінній зоні, де швидкість потоку мінімальна, а на відстані 16...60 мм радіально углиб витратоміру, до того ж площа датчика моменту, що піддається дії вихрів, значно більша в п'єзодатчиках тиску, якими оснащені, наприклад, витратоміри ДРГ.М виробництва ВАТ ІПФ "СИБНА";

5) розташування п'єзодатчиків послідовно один за одним на деякій відстані дозволяє знімати сигнал двох сусідніх вихорів, що підвищує чутливість витратоміру до корисного сигналу. Ці особливості знімання інформації у витратомірі забезпечують йому високу чутливість і дозволяють стійко працювати навіть при низькому тиску (від 10 кПа);

6) розташування п'єзодатчиків в "тіні" вихороутворюючого тіла забезпечує їх захист від механічних пошкоджень;

7) знімання інформаційного сигналу у вихровому витратомірі відбувається по частоті, а не по амплітуді, тому навіть в разі забруднення п'єзодатчиків метрологічні його характеристики не погіршуються;

8) вихровий витратомір стійкий до пневмоударів і несприйнятливий до наявності в газі рідкої фази. І навіть ударна дія рідини в газі не виводить витратомір з ладу;

9) до достоїнств вихрових слід віднести великий міжповірочний інтервал – 4 роки і проведення повірок беспроливним методом – обміром тіла

вихороутворення зараз розробляється конструкція витратоміру із знімним тілом вихороутворення.

## Висновки

1. Залежність витрати від частоти утворення вихорів носить лінійний характер, а не квадратичний, як в звужуючих пристроях.

2. Вихровий витратомір забезпечує незмінну похибку +1 % у широкому діапазоні зміни витрат 1:20.

3. Вихровий витратомір стійкий до пневмоударів і несприйнятливий до наявності в газі рідкої фази.

4. На базі вихрового витратоміру розроблені лічильник газу "ТРСГ-ІРГА", лічильник пари "Нр-Ш-2.3С" і газоізмерительная станція "ІРГА-АКУГ", яка дозволяє отримувати оперативні дані не лише про витрату газу, але і про його якісно-кількісний склад.

5. Великий міжповірочний інтервал – 4 роки і проведення повірок беспроливним методом – обміром тіла вихороутворення.

## Список літератури

1. Кремлевский П.П. – Расходомеры и счетчики количества веществ: справочн. Кн.2 / под общ. ред. Е.А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. – 412 с.: ил.

2. Кремлевский П.П. – Расходомеры и счетчики количества: справочн. / П.П. Кремлевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние.

3. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: учебн. для вузов / В.П. Преображенский. – М.: Энергия, 1998. – 704 с.

4. Таиматов Х.К. – Датчики и системы / Х.К. Таиматов // Журнал ООО «СенСидат – Контрол». – 2006. – № 4. – С. 77-81.

5. Чинков В.М. Основы метрологии та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – К.: МО, 2001. – 424 с.

Надійшла до редколегії 6.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВЫХ РАСХОДОМЕРОВ-СЧЕТЧИКОВ "ИРГА-РВ" В ЖЕСТКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Н. Науменко, М.В. Жила

*Анализируются методы построения и принципы действия вихревых расходомеров-счетчиков, которые используются для измерения расхода нагретого пара, приведены их технические характеристики. Перечислены преимущества вихревых расходомеров-счетчиков, что позволяет их применять в тяжелых условиях эксплуатации.*

**Ключевые слова:** вихревой, расходомер; счетчик.

## APPLICATION OF VORTICAL FLOWMETER-METERS OF "IRGA-RV" IS IN HARD EXTERNAL ENVIRONMENTS

A.N. Naumenko, M.V. Zhila

*The methods of construction and principles of action of vortical flowmeter-meters which are utilized for measuring of expense of the heated steam are analysed, their technical descriptions are resulted. Advantages of vortical flowmeter-meters are transferred, that allows them to apply exploitations under trying conditions.*

**Keywords:** vikhrovoy, flowmeter, meter.