

Вихревые расходомеры газа и пара

М.В. Богуш

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Как правило, все вихревые расходомеры газа, созданные на основе пьезоэлектрических датчиков генераторного типа, являются и расходомерами пара. Этим они выгодно отличаются от расходомеров, основанных на других физических принципах – анемометрических, индуктивных, ультразвуковых. Для измерения расхода пара необходимо обеспечить термостойкость конструктивных элементов датчика расхода и ввести в вычислитель программу расчета массы пара и переносимой им тепловой энергии.

На рис.1 показаны пьезоэлектрические датчики и созданные на их основе российские вихревые расходомеры пара, а в таблице 1 их основные технические характеристики [1-5].

Вихревые датчики расхода российских приборов в различной степени удовлетворяют требованиям термостойкости. Например, в счетчиках «Dymetic-9421» и «Метран-331» максимальная рабочая температура энергоносителя ограничена 200°C [2,3], что обусловлено термостойкостью тензопреобразователя ЛНР-2,5 канала измерения избыточного давления.

Если в пьезоэлектрических датчиках, регистрирующих процесс вихреобразования, используется высокочувствительная керамика на основе цирконата-титаната свинца (ЦТС), например, датчики 014М, 108М, 018М, 019М [6], то термостойкость таких изделий не превышает 250-300°C. К таким приборам относятся все счетчики, указанные в таблице 1, кроме «Ирга-РВ» в специальном исполнении.

В то же время, если в счетчике пара применяются пьезоэлектрические датчики, выполненные на основе малочувствительной, но термостойкой керамики на основе титаната висмута (ТВ), например, датчики давления 019М или 020М [6], то рабочая температура пара может достигать 500°C и выше.

Пьезоэлектрические датчики и вихревые расходомеры на их основе



Рис.1. Пьезоэлектрические датчики и вихревые расходомеры газа и пара на их основе

Таблица 1. Основные характеристики российских вихревых расходомеров пара

Характеристика	Тип счетчика пара					
	СВП. М «Сибна»	Dymetic-9431 «Даймет»	Метран-331 «Метран»	Ирга-РВ «Глобус»	Ирвис-Р4 «Ирвис»	Эмис- Вихрь-200 «Эмис»
Диапазон типоразмеров, D _y мм	50 -200	32 -150	32 -150	32-300 20 – 800*	25-300	25-300
Диапазон измерения расхода по всем типоразмерам, м ³ /ч (т/ч)	1-1000 (0,005 – 60)	5- 5200	5-5200	4-10000 1,5-80000*	8 - 12000	9 -12900 (0,009-345)
Динамический диапазон измерений, Q _{min} : Q _{max}	1:20 1:80	1: 30	1: 30	1: 20 > 1: 40	> 1: 50	1:9; 1:40
Максимальное рабочее давление, МПа	4,0	1,6	1,6	1,6; 40*	10	4
Диапазон температур энергоносителя, °С	100... 300	100...200	100...200	100...450 (100...575)	120...250	-40...550
Диапазон температур окружающей среды, °С	- 40...50	-40...50	-40...50	- 55...80	- 45...50	-40...70
Межповерочный интервал, лет	2	3	3	4	2	3
Предел допускаемой основной погрешности, % Расхода:						
От 0,1 Q _{max} до 0,9Q _{max}	-	± 1,5	± 1,5	± 1	± 1	± 1,35
От Q _{min} до 0,1Q _{max}	± 2,0	± 2	± 2	± 1,5	± 1,3	± 2,5
Массы (объема)	± 3	± 2,5	± 2,5	-	-	-
Тепловой энергии	± 4	-	-	-	-	-

Значительные проблемы возникают при измерении расхода насыщенного пара, когда одновременно в трубопроводе существует газовая и жидкая фаза. Вода концентрируется вдоль стенок трубы и препятствует нормальному функционированию датчиков давления, установленных заподлицо со стенкой трубы [4,7]. Специалисты тюменской фирмы ИПФ «Сибнефтеавтоматика» предложили способ преодоления этой проблемы за счет выдвижения датчика давления внутрь трубы вместе с жестко охватывающей его кольцевой втулкой с коническим по форме выступом.

Отметим, что расходомеры «Ирга-РВ» и «Эмис-Вихрь-200», лишены этого дефекта т.к. крыло ДИМ 108М выступает внутрь трубы, где преобладает газообразная фаза.

Единственной альтернативой вихревым расходомерам на рынке приборов учета расхода пара являются приборы, основанные на измерении перепада давления на сужающих устройствах [1,6]. Однако, эти приборы характеризуются динамическими диапазонами 1:5, погрешностью измерений до $\pm 5\%$, а при измерении насыщенного пара скорее дают качественную картину, чем количественную оценку [7,8].

Анализ таблицы 1 показывает очевидные преимущества вихревых счетчиков пара по сравнению с диафрагмами и другими сужающими устройствами: широкий динамический диапазон, высокая точность измерений. Для вихревых приборов также характерна высокая стабильность метрологических характеристик во времени, более низкие потери давления.

Все это ведет к постепенному увеличению доли вихревых счетчиков на рынке средств учета расхода пара, которая уже сейчас составляет более 60% среди российских производителей [9,10].

Весьма значимым фактором, способствующим росту конкуренции, является проникновение на российский рынок международных концернов - мировых лидеров в разработке и производстве высокоточных измерительных приборов: корпорации Emerson и Engineering Measurements Company (EMCO), США, Schlumberger, Франция, Krohne и Endress+Hauser, Германия, Danfoss, Швеция, YOKOGAWA, Япония и других [5,11].

Как правило, вихревые приборы ведущих зарубежных фирм являются одновременно счетчиками и жидкости, и газа, и пара.

Сравним отечественные и зарубежные приборы по наиболее проблемно измеряемому параметру – расходу пара. Основные технические характеристики вихревых счетчиков пара ведущих зарубежных производителей Европы, США и Японии приведены в таблице 2 [12,15].

Сравнивая метрологические и эксплуатационные характеристики изделий, представленных в таблицах 1 и 2 отметим:

- типоразмерный ряд зарубежных приборов, как правило, шире в сторону как больших, так и малых расходов; при этом для малых расходов динамический диапазон измерений существенно сужается до 1:7 или 1:10;

- максимальная рабочая температура зарубежных приборов в специальном исполнении выше, чем у большинства российских аналогов и достигает 400-450°C;

- зарубежные приборы имеют криогенное исполнение, допускающее температуру энергоносителя до минус 200°C;

- межповерочный интервал зарубежных приборов, как правило, не регламентируется; в технической документации, например фирмы EMCO, США указывается, что расходомеры Vortex RhD имеют пожизненную градуировку вследствие того, что геометрия проточной части прибора со временем не изменяется. Лишь фирма YOKOGAWA, по-видимому, после сертификации в России, вынуждена была ввести межповерочный интервал прибора Digital YEWFL0 - 4 года.

Однако, динамические диапазоны российских вихревых расходомеров, как правило, шире, а погрешности измерений не хуже, чем у зарубежных образцов.

При этом предприятие ЗАО «Эмис», Челябинск анонсирует вихревые расходомеры с рабочей температурой до 550°C (2Эмис-Вихрь-200), а ООО «Глобус», Белгород предлагает специальные исполнения вихревых расходомеров на условный проход 500 - 800 мм или на рабочую

Таблица 2. Основные характеристики вихревых счетчиков пара ведущих зарубежных производителей

Характеристика	Тип датчика расхода пара			
	Vortex RhD EMCO, США	WFM5095, OPTISWIRL4070C Krohne, Германия	Prowirl, Endress+Hauser Германия	YEWFL0, YOKOGAWA Япония
Диапазон типоразмеров, D _y мм	25 – 400	10 -200	15 -400	15-400
Диапазон измерения расхода по всем типоразмерам, м ³ /ч (т/ч)	(0,014 – 104)	(0,005- 57)	0 -20000	4,8 – 443017 (0,006-268)
Динамический диапазон измерений, Q _{min} : Q _{max}	1:10; 1:35	1:7, 1:12	1: 30	1:10; 1:25
Максимальное рабочее давление, МПа	10	1,6	4,0 (35)	1,5 – 22,4
Диапазон температур энергоносителя, °С	-40...400	-40...240	-200...400	-40...260 (-200...100) (-40...450)
Диапазон температур окружающей среды, °С	-29...60	-40...65	-40...50	-40...85
Межповерочный интервал, лет	-	-	-	4
Предел допускаемой основной погрешности, %				
Расхода	± 1	± 1	± 1	± (0,7 -1,5)
Массы (объема)	± 1,5	± 2	-	-
Тепловой энергии	± 2,7	-	-	-

температуру до 575°C («Ирга-РВ» [1,15]), не имеющие аналогов за рубежом.

Все это позволяет сделать вывод о том, что по техническому уровню вихревые расходомеры российских производителей, созданные на основе пьезоэлектрических датчиков, не уступают лучшим зарубежным образцам, а по некоторым характеристикам, в частности по максимальным диаметрам условного прохода и предельным рабочим температурам, превосходят их.

Отметим, что эксклюзивным поставщиком пьезоэлектрических датчиков для вихревых расходомеров газа и пара для российских приборов, указанных в табл.1 является ООО «Пьезоэлектрик», г. Ростов-на-Дону [16].

Литература

1. Богуш М.В. Современные пьезоэлектрические датчики для вихревых расходомеров//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика – 2007. - № 11. - с 32-37.

2. Горбунов И.А., Хоружев Г.М. Опыт эксплуатации счетчиков газа и пара на базе вихревого расходомера-счетчика «Ирга-РВ». Сборник трудов VII Всероссийского совещания - выставки по энергосбережению. Екатеринбург, 2006 г.

3. Абрамов Г.С., Барычев А.В., Зимин М.И. Практическая расходомерия в промышленности – М.: ОАО ВНИИОЭНГ, 2000. - 472 с.

4. Вихревые расходомеры Vortex серии PhD™. www.promatis.ru/_files/emco.pdf. ЗАО «Проматис».- 2007.

5. Вихревой расходомер OPNISWIRL 4070C//Датчики и системы.- 2006.- №12.- С.65.

6. Вихревой расходомер для жидкостей, газа, насыщенного и перегретого пара Prowirl серии PROline. www.automation.ru/equip-db/device.php?id=50310. – ЗАО "Геолинк Консалтинг". – 2015.

7. Вихревые расходомеры DY (digitalYEWFLOW) и YF100 (YEWFLOW). tehnosystems.ru/katalog.php?id=27. ЗАО «Техносистемы». – 2015.

8. Богуш М.В. Развитие вихревой расходомерии в России// Датчики и системы – 2007. - №9. - с 2-9.

9. Богуш М.В. Успехи вихревой расходомерии//Приборы – 2007. - №8. - с. 32-39.

10. Расходомеры счетчики. Тематический каталог № 3 . Выпуск 1. ПГ Метран. Челябинск, изд-во «Книга». – 2006. 187 с.

11. Счетчик пара вихревой Dymetic-9431. www.dymet.ru. ЗАО «Даймет».- 2015.

12. Зимин М.И., Баранов С.Л., Вашурин В.П. Счетчик пара вихревой типа СВП//АТиС в НП.- 1999 - №7.- с.12-15.

13. Зимин М.И., Вашурин В.П. Методы и средства, применяемые для измерения расхода пара и переносимой им тепловой энергии."АТиС в НП", №6, 2003 с 17-18.

14. Бутузов В.А., Репин Л.А. Приборы учета тепловой энергии пара с вихревыми расходомерами//Новости теплоснабжения.- № 1(17)-2002,С.47– 50.

15. www.irga.ru. Сайт ООО Глобус г. Белгород, 2015.

16. Приборы для измерения давления, уровня, расхода, плотности, температуры. www.piezoelectric.ru, ООО «Пьезоэлектрик», 2015

Ключевые слова: вихревые расходомеры, жидкость, газ, пар, пьезоэлектрические датчики, технические характеристики, типоразмерный ряд, предельные температуры, погрешность измерения.

Аннотация: В статье описаны конструктивные особенности и технические характеристики вихревых расходомеров газа и пара российских и зарубежных производителей. Показано, что по техническому уровню вихревые расходомеры российских производителей, созданные на основе пьезоэлектрических датчиков, не уступают лучшим зарубежным образцам, а

по некоторым характеристикам, в частности по максимальным диаметрам условного прохода и предельным рабочим температурам, превосходят их.

Сведения об авторе: Богуш Михаил Валерьевич, 1951 г. рожд., д.т.н., главный специалист НКТБ «Пьезоприбор» ЮФУ, bmw@piezoelectric.ru, сайт www.piezo.su, т. 8632995080