

# Промышленные ультразвуковые расходомеры газа

О.М. Богуш

ООО «Пьезоэлектрик», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ультразвуковые расходомеры (УЗР) основаны на измерении времени прохождения акустических колебаний через движущийся поток [1,2]. Доля УЗР на мировом рынке среди всех средств измерения расхода различных энергоносителей составляет около 10% [3]. В последние годы достаточно интенсивно ведутся разработки и освоение в промышленности УЗР газа.

Целью настоящей работы является анализ конструктивных особенностей, метрологических и эксплуатационных характеристик и тенденций развития промышленных УЗР газа российских и зарубежных производителей на основании литературных источников.

Ведущими предприятиями в данной области техники в России являются ОАО «Теплоприбор», Рязань [4], ЗАО «Даймет», Тюмень [5], ООО НПО «Вымпел», Саратов [6], ООО «Тирес» Челябинск [7], ООО «Ирвис», Казань [8]. В ближнем зарубежье УЗР газа выпускают РУП «Белгазтехника», Минск, Белоруссия [9]. Разработчиком и поставщиком пьезоэлектрических преобразователей для большинства российских и белорусских производителей УЗР газа является ООО «Пьезоэлектрик», г.Ростов-на-Дону.

Среди зарубежных производителей, выпускающих УЗР газа и работающих на российском рынке, отметим Controtron [10] и GE Panametric [11]. США, ABLE Instruments & Controls Limited, Англия [12]. и SICK/Maihak GmbH, Германия [13].

Конструктивные особенности и технические характеристики УЗР газа этих производителей приведены в таблице.

Приборы данного типа российских предприятий являются полномерными УЗР, т.е. обеспечивающие измерения потока газа через все сечение трубопровода. В них используется преимущественно время-импульсный метод измерения расхода, основанный на регистрации разности времени прохождения акустической волны вдоль и против потока. Возбуждение и прием акустической волны осуществляется с помощью пьезоэлектрических преобразователей. Диаметры условного прохода трубопровода варьируются от 25 до 1600 мм. Динамические диапазоны измерений в пределах одного типа трубы составляют типичные значения от 1:60 до 1:200, а для Ирвис-РС4-Ультра - 460. Относительная погрешность измерений не превышает  $\pm 1-2\%$ .

Имеются также УЗР газа, использующие корреляционный метод измерений, основанный на регистрации времени прохождения неоднородностей потока между двумя акустическими лучами, просвечивающими трубопровод перпендикулярно потоку. Этот метод реализован в приборах «Dymetic-1223K», обеспечивающий измерения в трубах большого диаметра от 100 до 1200 мм с пределом измерений до 288000 м<sup>3</sup>/час. Однако кратность динамического диапазона не превышает 1:60, а погрешность -  $\pm 1,5 - 2,5\%$ .

В приборах «Гиперфлоу УС», ориентированных на трубопроводы большого диаметра от 100 до 1600 мм, используются 2 пары пьезоэлектрических преобразователей с широкой диаграммой направленности и время-импульсный метод. При этом 2 акустических луча распространяются по траектории в виде V или W, т.е. с отражением от стенок трубы. 2 пары лучей и многократное пересечение потока позволяют обеспечить относительную погрешность от  $\pm 0,85\%$ . Однако эффективное отражение от стенок трубы возможно при идеальном их состоянии. При наличии в газе капельной жидкости или жидкой фазы, что является весьма типичным при измерении, например, попутного нефтяного газа, такие расходомеры становятся ненадежными.

Зарубежные УЗР газа обладают большим конструктивным разнообразием. Имеются время-импульсные и корреляционные расходомеры, а также зондовые модификации и с накладными датчиками. Для возбуждения и приема акустической волны в приборах с накладными датчиками используются электромагнитные преобразователи.

Таблица. Характеристики российских и зарубежных УЗР газа

N	Предприятие, страна, город	Марка	Принцип действия	Температура		Давление	Диаметр, мм	Динамич. диапазон, м <sup>3</sup> /час			Погрешн., ± %
				min	max	max, МПа		Qmin	Qmax	Кратн.	
1	ОАО Теплоприбор, РФ, Рязань	Гобой-1	УЗ, время-имп	-35	50	2,0	25-80	1,0	160	1:160	(1+[5Qmin/Q])
2	ЗАО «Дайметик», РФ, Тюмень	Dumetic-1223-K	УЗ, корреляц.	-40	60	4,0	100-1200	15	288000	1:60	1,5, 2,5
3	ЗАО «Дайметик», РФ, Тюмень	Dumetic-1223-T	УЗ, время-имп.	-40	85	4,0	25-300	0,25	7000	1:200	1,0, 1,5
4	ООО ТИРЕС, РФ, Челябинск	PS-1	УЗ, время-имп	-30	80	2,0	50-250	1,1	5200	1:190	1,0
5	ООО НПО «Вымпел», РФ, Саратов	Гиперфлоу УС	УЗ, время-имп	-40	85	16	100-1600	5	200000	1:200	0,85 – 2,5
6	ООО НПП «Ирвис», РФ, Казань	Ирвис-РС4 Ультра	УЗ, время-имп	-40	45	1,6	50	0,5	230	1:460	1,0 при Qпер. ...Qнаиб.
7	Белгазтехника, РБ, Минск	СПГ-1	УЗ, время-имп	-40	50	0,7	50-80	2	250	1:10, 1:60	1,0
8	Controlotron, США	1010GC	УЗ, накладные	-40	120	0,5-22	50 .. 1400	Скорость ± 38 м/с		1:50, 1:100	1,0 - 2,0
9	GE Panametrics, США	CTF878	УЗ, корреляц	-40	130	0,17	152 .. 762	Скорость 1 .. 46 м/с		1:43	2,0
10	GE Panametrics, США	GF868	УЗ, зондовые	-70 (-220)	150 (280)	10,5	76 .. 3000	Скорость 0,03 .. 84 м/с		1:2750	3 .. 7 (1 луч), 2,4.. 5 (2 луча)
11	GE Panametrics, США	XGS868i	УЗ, время-имп.	-50 (-190)	150 (450)	18,7	50 .. 1200	Скорость ± 46 м/с		1:150	1,0... 2,0
12	ABLE Instruments & Controls Limited, Англия	FGM160	УЗ, зондовый	-110 (-150)	145 (315)	0,1..2,0	Более 150	Скорость 0,03...100 м/с		1:3330	2,5...5
13	SICK/Maihak GmbH, Германия	FLAWSIC600	УЗ, время-имп.	-190*	280*	25*	50-1400	6,0	130000	1:67	2,0 (1 луч), 1,0 (2 луча), 0,5(4 луча) 0,2(8 лучей)**

Примечание: \*- по запросу; \*\*- после калибровки и коррекции полиномом.

Для приборов с врезными датчиками используются пьезоэлектрические преобразователи.

Полномерные УЗР газа зарубежных производителей обеспечивают измерения в трубах диаметром от 50 до 1200 мм. Динамические диапазоны измерений составляют 1:50 ... 1:150. Погрешность измерений УЗР с одним акустическим лучом составляет  $\pm 2\%$ . При 2-х лучевой схеме измерений обеспечивается погрешность  $\pm 1\%$ , а при 4-х лучевой схеме -  $\pm 0,5\%$ . Имеются также и 8-ми лучевые схемы, обеспечивающие погрешность  $\pm 0,2\%$ , которые используются как образцовые средства. Высокая точность достигается за счет калибровки и коррекции погрешностей полиномом.

Зондовые УЗР газа фирм GE Panametric США и ABLE Instruments & Controls Limited, Англия обладают рекордными динамическими диапазонами, достигающими 1:3000. Это обеспечивается за счет увеличения амплитуды возбуждающего импульса до 3000 В и расположения преобразователей вдоль оси потока. Осевое расположение преобразователей позволяет избежать смещения акустической волны относительно оси преобразователей при больших скоростях потока. Однако, погрешность измерений зондовых УЗР газа составляет 2,5-5% даже для двухлучевой схемы измерений. Это объясняется тем, что акустический луч просвечивает ограниченную площадь потока.

Сравнение технических характеристик российских и зарубежных полномерных УЗР газа показывает, что типоразмерный ряд у российских приборов шире в области малых труб (от 25 мм), а динамические диапазоны больше (до 1:200 и 1:460), чем у зарубежных аналогов. Однако, погрешность измерений, составляющая от  $\pm 0,5\%$  для рабочих средств измерений и  $\pm 0,2\%$  для образцовых, у зарубежных приборов ниже, чем у российских. Это достигается за счет использования многолучевых схем и коррекции погрешностей полиномом.

Кроме того зарубежные УЗР газа имеют зондовые исполнения, а также исполнения с накладными преобразователями, обеспечивающие монтаж без врезки в трубопровод. Отметим, что зондовые УЗР газа обладают рекордные динамические диапазоны (до 3330 м/с). При этом погрешность измерений повышается даже при 2-х лучевой схеме до 2,5-5%.

## Литература

1. Кремлёвский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1989, 701 с.
2. Богуш М.В. Пьезоэлектрическое приборостроение. Т. III. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Изд-во СКНЦ ВШ, Ростов-на-Дону, 2006. 335 с.
3. Зулкарнаев В.Р. Мировой рынок вихревых расходомеров. Текущее состояние рынка и позиции ОАО ИПФ "Сибнефтеавтоматика//Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, № 2, 2010.
4. Ультразвуковой счетчик газа ГОБОЙ-1, [www.centre-pribor.ru](http://www.centre-pribor.ru), ЗАО «Центрприбор», 2012.
5. Датчик расхода газа Dymetic-1223-K, [www.dymet.ru](http://www.dymet.ru), ЗАО «Даймет», 2012.
6. Расходомер ультразвуковой «ГиперФлоу-УС», <http://www.nprovypel.ru>, ООО НПП «Вымпел», 2012.
7. Ультразвуковые газовые расходомеры PS-1, <http://tmces.ru>, ООО "Технология измерения расхода электронными системами", 2012.
8. Ирвис-РС4-Ультра <http://www.gorgaz.ru>, ООО НПП «Ирвис», РФ, Казань, 2012.
9. Ультразвуковые расходомеры газа «СПГ-1», <http://www.belgastehnika.by>., РУП "БЕЛГАЗТЕХНИКА", Беларусь, 2012.
10. Ультразвуковой расходомер 1010GC, <http://www.industry.usa.siemens.com>., SIEMENS, США, 2012.
11. Ультразвуковой расходомер FGM160, <http://www.able.co.uk>, ABLE Instruments & Controls Limited, Англия, 2012/
12. Ультразвуковой расходомер WLOWSIC600, <http://www.sick-maihak.ru/>, SICK/Maihak GmbH, Германия, 2012.
13. Ультразвуковой расходомер газа FLOWSIC 600, [www.sick-maihak.ru](http://www.sick-maihak.ru), SICK/Maihak GmbH