

Руководство по выбору расходомера. Часть 2

Выбор типоразмера расходомера, метрологические характеристики



В первой части руководства были рассмотрены особенности применения расходомеров различных принципов измерения расхода и ограничения по их использованию в зависимости от физико-химических свойств измеряемой среды.

Теперь, после того, как мы примерно определились с тем какие расходомеры лучше подходят для решения поставленной измерительной задачи, необходимо выяснить, какого типоразмера и какой динамический диапазон измерения должен иметь расходомер, чтобы обеспечить измерение расхода с требуемой точностью в заявленном диапазоне.

Особенности выбора типоразмера расходомера

В большинстве случаев величина расхода, которую требуется измерять, изменяется в довольно широких пределах от Q_{min} (минимальный расход) до Q_{max} (максимальный расход). Отношение величины максимального к величине минимального расхода называется динамическим диапазоном измерения. Необходимо помнить, что под минимальной и максимальной величинами расхода, в данном случае, понимаются такие значения, при измерении которых расходомер обеспечивает заявленную точность.

Выбор типоразмера измерителя расхода является наиболее сложной задачей. Номинальный диаметр его измерительной части (D_u) и диаметр трубопровода определяют расход измеряемой среды, скорость движения которой должна находиться в определенных пределах.

Так при измерении расхода абразивных жидкостей, пульпы, рудного шлама и т.п. электромагнитными расходомерами, необходимо обеспечить скорость движения среды не более 2 м/с. При измерении расходов сред, склонных к образованию отложений (сточные воды), скорость движения среды наоборот рекомендуется повысить, чтобы илистые отложения более эффективно вымывались. Для измерения расходов чистых неабразивных жидкостей электромагнитными расходомерами рекомендуется обеспечить скорость потока равной 2,5...3 м/с.

При измерении расходов жидкостей скорость потока не должна превышать 10 м/с. При измерении расхода газов и пара скорость потока, в большинстве случаев, не должна быть выше 80 м/с.

Ориентировочные значения расхода жидкости в зависимости от диаметра трубопровода и измерительной части расходомера при разных скоростях движения среды приведены в таблице 1:

ДУ		Расход м ³ /ч			ДУ		Расход м ³ /ч		
[мм]	[дюйм]	Расход при v=0,3 м/с	Заводская установка при v~2,5 м/с	Расход при V=10 м/с	[мм]	[дюйм]	Расход при v=0,3 м/с	Заводская установка при v~2,5 м/с	Расход при V=10 м/с
2	1/12"	0,0034	0,0283	0,1131	66	2 1/2"	3,584	29,87	119,5
4	5/32"	0,0136	0,1131	0,4524	80	3"	5,429	45,24	181,0
8	5/16"	0,0543	0,4524	1,810	100	4"	8,482	70,69	282,7
15	1/2"	0,1909	1,590	6,362	125	5"	13,25	110,5	441,8
25	1"	0,5301	4,418	17,67	150	6"	19,09	159,0	636,2
32	1 1/4"	0,8686	7,238	28,95	200	8"	33,93	282,7	1131
40	250	10"	53,01	441,8	1767	1 1/2"	1,357	11,31	45,24
50	2"	2,121	17,67	70,69					



На диапазон измерения расхода также влияют температура и давление измеряемой среды. В таблице 2 для примера показаны диапазоны измерения расхода воздуха при температуре 20°C и различном избыточном давлении вихревого расходомера [Vortex Vn2000](#).



Диаметр трубы, мм	Давление (бар); Плотность (кг/м³)								
	0 бар 1,205 кг/м³	3,4 бар 5,248 кг/м³	6,9 бар 9,409 кг/м³	11 бар 14,28 кг/м³	13,8 бар 17,61 кг/м³	20,7 бар 25,82 кг/м³	27,6 бар 34,02 кг/м³	34,5 бар 42,22 кг/м³	69 бар 83,24 кг/м³
50	0,4829...9,748	1,288...4245	1,902...76,11	2,512...115,5	2,889...142,5	3,927...208,8	4,482...275,2	5,177...341,6	8,141...673,4
75	1,064...21,48	2,838...93,52	4,190...167,7	5,535...254,6	6,365...313,9	8,215...460,1	9,895...606,3	11,41...752,5	17,94...1484
100	1,832...36,98	4,888...161,0	7,215...288,7	9,9531...438,3	10,96...540,5	14,15...792,3	17,00...1044	19,64...1296	30,89...2555
150	4,157...83,93	11,09...365,5	16,37...655,3	21,63...994,8	24,88...1227	32,10...1798	38,59...2369	44,57...2941	70,09...5798
200	7,199...145,3	19,21...632,8	28,35...1135	37,46...1723	43,07...2124	55,59...3113	66,82...4103	77,18...5092	121,4...10039
250	11,35...229,1	30,27...997,5	44,69...1789	57,04...2715	67,90...3348	87,62...4908	105,3...6367	121,7...8027	191,3...15824
300	16,11...325,2	42,97...1416	63,44...2539	83,81...3854	96,38...4752	124,4...6966	149,5...9180	172,7...11393	271,6...22462
350	19,47...393,0	51,95...1712	76,68...3069	101,3...4659	116,5...5745	150,3...8420	180,7...11096	208,7...13772	328,3...27151
400	25,43...513,4	67,85...2235	100,2...4008	132,3...6085	152,2...7503	196,4...10998	236,0...14493	272,6...17988	428,7...35462
450	32,19...649,8	85,88...2830	126,8...5073	167,5...7702	192,6...9497	248,5...13921	298,8...18345	345,1...22768	542,7...44887
500	40,00...807,4	106,7...3516	157,5...6304	208,1...9571	239,3...11801	308,8...17298	371,3...22795	428,8...28292	674,3...55776
550	51,04...1030	136,2...4486	201,0...8044	265,5...12212	305,4...15058	394,1...22072	476,7...29086	547,1...36100	860,5...71170
600	57,85...1168	154,3...5085	227,8...9118	301,0...13842	346,1...17068	446,7...25019	537,032969	620,2...40919	975,3...80671

Более точное определение минимального и максимального значения расходов для данного типоразмера расходомера производится с помощью специальных программных средств, разработанных производителем. При расчете учитывается влияние минимальных и максимальных значений температуры и давления среды, ее плотность, вязкость и другие характеристики, влияющие на скорость потока и объемный расход.

Влияние гидравлического сопротивления

Необходимо также учитывать и то, что расходомер может оказывать определенное сопротивление движению измеряемой среды и вносить дополнительное гидравлическое сопротивление. Наибольшим гидравлическим сопротивлением обладает вихревой расходомер из-за наличия в измерительной части прибора тела обтекания довольно большого объема. Кориолисовый расходомер также обладает гидравлическим сопротивлением, приводящим к потере давления, из-за наличия в конструкции изгибов и разветвлений трубопроводов.

Наименьшим гидравлическим сопротивлением обладают [электромагнитные](#) и [ультразвуковые](#) измерители расхода, так как они не имеют изгибов и частей, выступающих внутрь измерительной части. Они относятся к полнопроходным. Некоторые потери давления могут быть вызваны материалом футеровки измерительной части (например, резиновой футеровкой) или неправильной установкой (уплотнительные прокладки выступают внутрь проточной части расходомера).

В таблице 3 приведены значения динамического диапазона измерения расхода и максимальные значения скорости потока для расходомеров различного принципа действия.

Метод	Динамический диапазон	Максимальная скорость потока, м/с
Электромагнитный	100:1	10 (жидкость)
Вихревой	25:1	10 (жидкость), 80 (пар, газ)
Ультразвуковой (врезные датчики)	100:1	10 (жидкость)
Ультразвуковой (накладные датчики)	100:1	12 (жидкость), 40 (пар, газ)
Кориолисовый	100:1	10 (жидкость), 300 (пар, газ)



Метрологические характеристики и их влияние на выбор

В настоящее время встречаются электромагнитные расходомеры с заявленным динамическим диапазоном 500:1 и даже 1000:1. Такие значительные динамические диапазоны измерения достигаются путем применения многоточечной калибровки при выпуске расходомера из производства. К сожалению, в процессе дальнейшей эксплуатации метрологические характеристики ухудшаются и реальный динамический диапазон значительно сужается.

Метрологические характеристики расходомеров выходят на первый план в случае их применения для коммерческого учета энергоресурсов. Необходимо помнить, что все приборы, которые планируется использовать для целей коммерческого учета, должны быть в обязательном порядке внесены в Государственный реестр средств измерений после прохождения соответствующих испытаний, по результатам которых подтверждаются заявленные производителем метрологические характеристики. Именно действующим описанием типа средства измерения следует руководствоваться при оценке погрешностей. Так как, например, в некоторых случаях, заявленная производителем низкая погрешность измерения может быть обеспечена не во всем диапазоне, а только в некоторой его узкой части. И, к сожалению, производители не всегда отражают этот факт в своей технической документации и рекламных материалах.

Для снижения издержек на последующее метрологическое обслуживание (поверку) расходомеров при прочих равных условиях рекомендуется выбирать приборы с максимальным межповерочным интервалом. На данный момент большинство расходомеров имеет межповерочный интервал один раз 4 года и более. При выборе марки прибора не стоит гнаться за максимальным значением межповерочного интервала в случае когда долговременная точность измерения является определяющей характеристикой, особенно если это предложение от малоизвестного производителя. Для расходомеров с условным диаметром более 250 мм (DN 250) наличие методики поверки без демонтажа измерительной части, так называемой имитационной, беспроливной поверки, зачастую становится решающим фактором в пользу выбора конкретного производителя и типа. Проведение поверки проливным методом расходомеров с условным диаметром более 250 мм в настоящее время является сложной задачей в виду отсутствия в России аттестованных проливных установок для поверки средств измерения расхода большого диаметра. Но необходимо помнить, что метод беспроливной поверки добавляет к базовой погрешности измерения еще дополнительную погрешность 1...1,5%, что не всегда может быть приемлемо.

В таблице 4 приведены метрологические характеристики измерителей расхода с различным способом измерения, пожалуй, с лучшими на сегодняшний день показателями точности. Если предлагаемое вам поставщиком решение обладает еще более высокими показателями точности, то следует более тщательно подойти к вопросу проверки заявленных метрологических характеристик данного оборудования.

Метод	Погрешность	Повторяемость результатов
Электромагнитный	$>\pm 0,2...0,4\%$	$>0,1...0,2\%$
Вихревой	$>\pm 0,75...1\%$	$>0,1\%$
Ультразвуковой (врезные датчики)	$>\pm 0,5...2\%$	$>0,25\%$
Ультразвуковой (накладные датчики)	$>\pm 0,5...1\%$	$>0,15\%$
Кориолисовый	$>\pm 0,1...0,15\%$	$>0,05\%$

На точность измерения объемного и массового расхода влияет не только метод измерения, качество применяемых при изготовлении материалов, примененные схематические решения и программные алгоритмы вычислений, но и правильность монтажа и настройки, своевременность и полнота технического обслуживания. Этим вопросам будет посвящена заключительная, третья часть руководства по выбору расходомеров, так как затраты на монтаж и последующее обслуживание, а также возможные технические особенности применения тоже должны учитываться в процессе выбора расходомера.

