

Критерии выбора и области применения промышленных счетчиков воды

Вячеслав РОМАДОВ,

Технический директор

ООО «Теплоком-Сервис»,

к. т. н.

Критерии выбора счетчиков воды

К основным критериям выбора того или иного типа счетчиков (преобразователей расхода) можно отнести следующие:

- метрологическая достоверность;
- техническая надежность;
- метрологическая надежность;
- динамический диапазон и погрешность измерения расхода (количества) жидкости;
- гидравлическое сопротивление преобразователя расхода;
- наличие электрического выходного сигнала;
- возможность измерения реверсного расхода;
- представление результатов измерений;
- энергонезависимость;
- межповерочный интервал;
- возможность поверки на месте эксплуатации.

Метрологическая достоверность

Этот критерий определяет соответствие заявленных в технической документации метрологических характеристик действительным. Формально подтверждается сертификатом о включении в Государственный Реестр средств измерения Российской Федерации. Выполнение данного критерия обязательно, так как в противном случае расходомер можно будет использовать только в качестве индикатора.

Техническая надежность

Формально все производители заявляют средний срок службы не менее 2-х межповерочных интервалов. Однако, здравый смысл подсказывает, а опыт эксплуатации подтверждает, что наименее надежны механические счетчики (тахометрические и постоянного перепада), подвижные части которых подвергаются воздействию потока и отложений.

На втором месте по надежности находятся счетчики, имеющие в своем составе элементы, выступающие внутрь потока и также подвергающиеся разрушительному действию потока (переменного перепада и вихревые).

Наиболее надежны при всех прочих равных условиях полнопроходные счетчики, то есть без загромождения потока. К ним относятся ультразвуковые, статистические и электромагнитные. Среди трех последних типов счетчиков, в связи с низким качеством водоподготовки в российских сетях, наиболее надежными оказались электромагнитные, как наименее подверженные воздействию отложений примесей на стенках трубы.

Метрологическая надежность

Суть данного критерия заключается в том, что метрологические характеристики водосчетчиков должны соответствовать заявленным производителем, по крайней мере, в течение одного межповерочного интервала. В противном случае возможна работа

водосчетчика в течение длительного времени с погрешностью, значительно превышающей нормированную (декларированную производителем).

К наиболее надежным можно отнести электромагнитные, ультразвуковые, переменного перепада, вихревые и статистические счетчики, к наименее надежным – тахометрические и постоянного перепада.

Динамический диапазон и погрешность измерения расхода (количества) жидкости

Динамический диапазон это отношение верхнего предела расхода к нижнему в нормированном диапазоне, то есть в диапазоне с гарантированной погрешностью измерения расхода (количества) жидкости. В зависимости от применения требования к ширине динамического диапазона могут быть различными:

- эталонное измерение расхода жидкости. В этом случае требования к диапазону минимальны, но требуется и минимальная погрешность измерения на уровне $\pm(0,1\div 0,3)\%$. Таким жестким требованиям отвечают электромагнитные, вихревые счетчики и в особо узких диапазонах расходомерные сопла.
- измерение расхода жидкости в системах отопления, горячего и холодного водоснабжения (ГВС и ХВС). Требуемый диапазон измерений 25:1, погрешность не хуже $\pm 2\%$. Этим требованиям отвечают все типы расходомеров, кроме перепадомеров и тахометрических счетчиков. Исключение составляют турбинные расходомеры, которые применяются для измерения расхода жидкости в квартирных системах ХВС и ГВС.
- измерения расхода жидкости в системах отопления в условиях сезонных изменений величины расхода. При переходе с зимнего на летний режим отопления расход может изменяться в 5 раз. Учитывая, что номинальный расход в зимний период может составлять не более $(15\div 20)\%$ от верхнего предела расхода, требуемый диапазон расходов должен быть не менее 100:1. Таким требованиям соответствуют в основном электромагнитные, ультразвуковые и вихревые счетчики.
- технологические измерения. В основном необходимы измерения в достаточно узких диапазонах. Требования к погрешности измерения не критичны, поэтому могут использоваться все типы счетчиков.

На рис.1. приведен диапазон расходов, в котором возможно применение преобразователей данного типа. Этот диапазон – сумма диапазонов измерений преобразователей расхода различных диаметров проходного сечения. Ограничения накладываются возможностями физического принципа измерения и конструктивными сложностями изготовления самих преобразователей.



Рис.1. Рабочий диапазон преобразователей различных типов.

Гидравлическое сопротивление преобразователя расхода

Сеть городских водяных магистралей состоит из огромного количества местных гидравлических сопротивлений в виде гибов трубопроводов, запорной арматуры, фильтров, конфузоров и диффузоров и т. п. Добавочное сопротивление, вносимое счетчиками воды на общем фоне, невелико, но для конкретного объекта может оказаться решающим. Поэтому предпочтение при наличии выбора следует отдавать счетчикам, обладающим минимальным гидравлическим сопротивлением. Такими являются полнопроходные счетчики, то есть электромагнитные, ультразвуковые и статистические.

Таблица 1

Величина дополнительно вносимого гидравлического сопротивления преобразователей расхода различных типов на максимальном расходе

№	Тип преобразователя расхода		Вносимое гидравлическое сопротивление ΔP , кПа
1	Полнопроходные	Электромагнитные	0
2		Ультразвуковые	
3		Статистические	
4	С выступающими в поток и/или движущимися элементами	Тахометрические турбинные	8÷10*
5		Постоянного перепада давления	10÷15*
6		Вихревые	30÷50*
7		Тахометрические шариковые	50÷70*
8		Переменного перепада давления	150÷250*

*Диапазон ΔP связан с различием в конструкциях первичных преобразователей одного типа.

Наличие электрического выходного сигнала

Обычно используются следующие выходные сигналы:

- токовый $4\div 20$ мА, $0\div 20$ мА или $0\div 5$ мА. В основном этот тип сигнала используется для контроля величины действующего расхода внешними устройствами. Применяется преимущественно в электронных счетчиках воды. Редко используется в составе механических счетчиков при наличии соответствующего преобразовательного блока;
- числоимпульсный, активный или пассивный. При пассивном питании выхода осуществляется внешним устройством, при активном потенциальный сигнал формируется самим преобразователем. Этот тип сигнала используется для контроля протекшего количества жидкости, а также в цепях дозаторов и для измерения расхода. Применяется в пассивном варианте на всех типах счетчиков, в активном – в основном только на электронных;
- цифровой: RS232, RS485, Internet/Ethernet, HART. Используют для передачи данных на удаленные контроллеры (диспетчеризация и мониторинг) или в цепях автоматики и управления процессами. Применяется в основном для электронных счетчиков. Попытки внедрения в механических счетчиках сводят на нет их основное конкурентное преимущество – низкую цену.

Возможность измерения реверсного расхода

Данная функция необходима в тех случаях, когда возможно изменение направления течения жидкости, например, при переходе систем отопления и горячего водоснабжения на летний режим работы. Означает возможность отдельного измерения расхода (количества) жидкости в прямом и обратном направлении с погрешностью, не выходящей за пределы допускаемой. Из-за ограничений физического принципа измерений реализуется только в электромагнитных, тахометрических шариковых и в некоторых моделях ультразвуковых преобразователей.

При отсутствии данной функции преобразователи расхода приходится перемонтировать в соответствии с направлением движения жидкости.

Представление результатов измерений

По возможностям представления результатов измерений приборы для измерения потока жидкости делятся на следующие классы:

- Счетчики жидкости – измерительные приборы, предназначенные для измерения объема (массы) жидкости, протекающей через сечение, перпендикулярное направлению потока с индикацией результатов измерений в единицах измеряемой величины и в виде, удобном для визуального считывания наблюдателем (табло, счетный механизм). Применительно к измерению потока воды счетчики жидкости называются водосчетчиками.

По физическому принципу измерения к счетчикам жидкости относятся тахометрические турбинные и шариковые приборы, у которых число оборотов турбинки или шарика пропорционально количеству протекшей жидкости, а так же вихревые приборы, у которых количество импульсов первичного электрического сигнала тоже пропорционально количеству протекшей жидкости.

При наличии соответствующего блока, преобразующего расход жидкости в объем по формуле (1) любой прибор с электрическим выходным сигналом, пропорциональным расходу, можно отнести к классу водосчетчиков.

$$\Delta V = G \times \Delta t, (1)$$

где ΔV - приращение объема воды, прошедшей по трубопроводу за интервал суммирования, м³;

G – расход воды за интервал суммирования, м³/ч;

Δt – интервал суммирования, ч.

- Расходомеры - приборы, предназначенные для измерения расхода жидкости с индикацией полученных результатов в единицах расхода и в виде, удобном для визуального считывания наблюдателем.

Исходя из физического принципа измерения к расходомерам можно причислить электромагнитные, ультразвуковые, статистические приборы и приборы постоянного и переменного перепада давления. К этому же классу относятся и вихревые приборы, так как частота их первичного электрического сигнала пропорциональна расходу.

Любой прибор с электрическим выходным сигналом, пропорциональным объему, можно отнести к классу расходомеров, если имеется блок, преобразующий объем жидкости в расход по формуле:

$$G = \frac{\Delta V}{\Delta t}, (2)$$

где ΔV - приращение объема воды, прошедшей по трубопроводу за интервал суммирования, м³;

G – расход воды за интервал суммирования, м³/ч;

Δt – интервал суммирования, ч.

- Расходомеры-счетчики - приборы, предназначенные для измерения расхода и объема (массы) жидкости с индикацией результатов измерений в единицах измеряемых величин и в виде, удобном для визуального считывания наблюдателем.

Они объединяют в себе свойства расходомеров и водосчетчиков. Без применения внешних электронных устройств эти приборы выполняются только на базе электронных счетчиков.

- Дозаторы – приборы, предназначенные для дискретного измерения объема (массы) жидкости. Применяются для технологических целей, например, для формирования управляющего сигнала о прохождении заранее заданного количества жидкости. При установке соответствующего электронного преобразовательного блока они реализуются на основе любого вида счетчиков с электрическим выходным сигналом.
- Счетчики-дозаторы - приборы для непрерывного и дискретного измерения объема (массы) жидкости. Область применения та же, что и у дозаторов, но с возможностью непрерывного измерения равных доз и их суммированием за период наблюдений.
- Преобразователи расхода – средства измерения расхода жидкости, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования и/или хранения, но без возможности визуального восприятия наблюдателем.

Преобразователями расхода могут быть все электронные счетчики, а при использовании электронных преобразователей - и механические.

Энергонезависимость

Энергонезависимость означает возможность электропитания счетчика от внутреннего источника низкого напряжения (батареи или аккумулятора) или отсутствие необходимости питания. Данный критерий существует в следующих случаях:

- невозможность прокладки линий электропитания, например, на удаленных артезианских скважинах;
- частые перебои электропитания;
- по требованиям электробезопасности, например, в случаях, когда возможен свободный доступ посторонних лиц и особенно детей.

Энергонезависимыми являются все механические счетчики, а также некоторые конструкции вихревых и ультразвуковых счетчиков. Потенциально возможно создание энергонезависимого электромагнитного счетчика для трубопровода малых диаметров.

Межповерочный интервал

Этот критерий является по большей части экономической, чем технической категорией и характеризует необходимость затрат на поверку или калибровку счетчика через определенный период времени. Величина межповерочного интервала практически у всех современных счетчиков составляет не менее 4-х лет. Исключение составляют счетчики переменного перепада давления и шариковые тахометрические счетчики. Для них установлен межповерочный интервал 1 год.

Возможность поверки на месте эксплуатации

Данный критерий определяет сокращение затрат на поверку и калибровку счетчиков. Только для счетчиков переменного перепада давления существует методика расчетной поверки с погрешностью не более 1%, что удовлетворяет всем метрологическим требованиям любой области применения. Для электромагнитных, вихревых и корреляционных счетчиков такие методики существуют, но дают добавочную погрешность не менее 1,5%, что, впрочем, в некоторых случаях вполне приемлемо.

Таблица 2

Сводная таблица соответствия типов счетчиков критериям выбора

Параметр	Тип							
	Электро-магнитный	Ультразвуковой	Вихревой	Статистический	Тахометрический турбинный	Тахометрический шариковый	Переменного перепада давления	Постоянного перепада давления
Метрологическая достоверность	+	+	+	+	+	+	+	+
Техническая надежность	+	+	+/-	+	-	-	+/-	-
Метрологическая надежность	+	+	+	+	+/-	+/-	+	+/-
Динамический диапазон, $G_{max}:G_{min}$	5:1; 10:1; 25:1; 100:1; 500:1	25:1; 100:1	5:1; 10:1; 50:1; 100:1	10:1	10:1; 50:1	8:1	3:1	10:1
Погрешность измерения расхода (количества) жидкости, %	0,15; 0,5; 1; 2; 5	1; 2	0,15; 0,5; 1; 2	15	2; 5	15	1	5
Гидравлическое сопротивление преобразователя расхода, кПа	0	0	30÷50	0	8÷10	50÷70	150÷250	10÷15
Наличие электрического выходного сигнала	Т; ЧИ; Ц	Т; ЧИ; Ц	Т; ЧИ; Ц	Т; ЧИ; Ц	ЧИ*; Ц*	Т*; ЧИ	Т*	Т*
Возможность измерения реверсного расхода	+	+/-	-	-	-	+	-	-
Представление результатов измерений	ИТ*; ЭВ	ИТ*; ЭВ	ИТ*; ЭВ	ЭВ	ИТ; ЭВ*	ИТ*; ЭВ	ЭВ; Ш*	ЭВ*; Ш
Энергонезависимость	+/-	+/-	+	+/-	+	+	+/-	+
Межповерочный интервал, лет	4	4	4	1÷4	4÷6	1	1	1
Возможность поверки на месте эксплуатации	+/-	-	+/-	+/-	-	-	+	-

Обозначения:

- «+» - отлично; «+/-» - хорошо; «-» - удовлетворительно
- «Т» - токовый сигнал; «ЧИ» - числоимпульсный сигнал; «Ц» - цифровой сигнал
- «ИТ» - индикаторное табло (роликотный счетный механизм, ЖКИ и т.п.); «ЭВ» - электрический выход; «Ш» - шкала
- * - при наличии дополнительного преобразователя

Области применения

Среди всех возможных областей применения счетчиков можно выделить несколько основных, наиболее часто встречающихся.

Применение в составе тепло- и водосчетчиков для коммерческого учета

Требованиям «Правил учета тепловой энергии и теплоносителя» по минимальному динамическому диапазону (не менее 25:1) и пределам допустимой относительной погрешности измерений (не более 2%) в основном соответствуют только электронные счетчики и некоторые конструкции тахометрических турбинных.

Поквартирный коммерческий учет воды

Диаметр применяемых счетчиков $D=15$ мм. В связи с тем, что квартирные водосчетчики должны быть доступны всем слоям населения, основным требованием становится низкая цена. Этому условию, наряду с обеспечением погрешности измерений не более 2%, соответствуют только тахометрические турбинные счетчики.

Измерение переменных расходов

Эта задача характерна для систем с автоматическим регулированием, переходными процессами (залив-слив емкостей, подпитка технологических систем и т. п.) и наличием в системах поршневых насосов и компрессоров.

Основное требование к расходомерам, преобразователям и счетчикам, применяемым в подобных системах – малая инерционность или малое время реакции на изменение расхода T_z .

Наименее инерционны тахометрические счетчики и переменного перепада давления. Для них характерно $T_z=(0,01\div 0,1)$ с.

Для расходомеров переменного перепада давления T_z составляет порядка $(0,1\div 5)$ с, однако для них, как и для тахометрических счетчиков, погрешность при увеличении расхода отличается от погрешности при уменьшении его и может достигать $(5\div 10)\%$, а в случае быстропеременных расходов и 100%.

Электромагнитные и ультразвуковые в стандартном исполнении обладают $T_z=(1\div 10)$ с, что вполне удовлетворяет задачам автоматического регулирования. В специальном исполнении T_z может быть снижено до величин $(0,01\div 0,1)$ с.

Вихревые приборы также являются малоинерционными, однако, так как собственный первичный сигнал преобразователя является частотным, то колебания быстропеременного расхода могут оказывать существенное влияние на частоту вихреобразования и увеличивать погрешность измерений до 40%. Поэтому рекомендуется измерять параметры потока с пульсациями расхода не более 25% от минимальной частоты схода вихрей с тела обтекания. В зависимости от диаметра вихревого преобразователя расхода допустимая частота пульсаций потока в общем случае может составлять не более $(1\div 10)$ Гц.

Измерение малых расходов в трубах малых диаметров

Такая задача возникает в основном при лабораторных исследованиях, технологическом учете расхода воды и контроле технологических процессов, например, в системах охлаждения. Для этого используются ротаметры, микродиафрагмы и в отдельных случаях специальные конструкции электромагнитных расходомеров.

Измерение больших расходов в трубах больших диаметров

Например, это необходимо для измерения расхода в водоводах крупных городов с диаметром трубы до 5000 мм. Ранее широко применялись диафрагмы, сейчас им на смену приходят ультразвуковые и погужные электромагнитные счетчики.

Измерение расхода особо чистой (деионизированной) воды

Характерно для химических производств и некоторых энергетических объектов. Для этих целей используют ультразвуковые счетчики, ротаметры, в узких диапазонах расхода – электромагнитные и вихревые, редко – перепадамеры и тахометрические из особых материалов, не загрязняющих жидкость.

Измерение расхода в незаполненных трубопроводах

В основном это касается ненапорных водоводов и стоков, а также производств с особыми условиями. Основной тип применяемых счетчиков – ультразвуковой.

Выводы

Резюмируя вышесказанное можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее доступными по цене являются механические счетчики, но они не отвечают большинству критериев выбора.
2. Ультразвуковые счетчики наилучшим образом приспособлены для особых условий применения, но требуют длинных прямых участков трубопроводов и критичны к качеству водоподготовки.
3. Статистические счетчики могут найти применение в условиях невозможности демонтажа для проведения поверки.
4. Вихревые счетчики занимают среднюю позицию, но обладают недостаточно широким диапазоном измерений.
5. Большинству критериев выбора и областей применения соответствуют электромагнитные счетчики.

Литература

1. Кремлевский П. П. «Расходомеры и счетчики количества»: Справочник. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1989.
2. Цейтлин В. Г. «Расходоизмерительная техника». М., Изд-во стандартов, 1977.
3. Бирюков Б. В., Данилов М. А., Кивилис С. С., «Точные измерения расхода жидкостей», М., 1977.
4. Ромадов В. Н., Инкин Ю. Н. «Применение вихревого электромагнитного расходомера для водяного теплоносителя». //Межведомственная конференция «Теплофизика-98»/ Обнинск, 1998.
5. Ромадов В. Н., Ефимов В. Н. «Сравнительный анализ статистических методов измерения расхода жидкого теплоносителя». //Труды НИИАР / Димитровград, 1999.
6. ГОСТ 15528-86, изм.1, «Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа». М., Изд-во стандартов, 1986.