

Теплосчетчик «в разрезе»

О датчиках давления



Дмитрий Анисимов,
главный специалист
ООО «Диаметр»,
автор сайта «Теплопункт»

Роль измерений давления в учете тепла

Почему в одних случаях обходиться без датчиков давления можно, а в других – нет? Чтобы ответить на этот вопрос, давайте обратимся к формулам.

Как известно, в простейшем случае тепловая энергия определяется как произведение массы теплоносителя, прошедшего через систему теплоснабжения, на разность удельных энтальпий теплоносителя на входе (в подающем трубопроводе) и выходе (в обратном трубопроводе) системы:

$$Q = M(h_1 - h_2).$$

Теплосчетчик «напрямую» измеряет не массу и энтальпии, а объем и температуры. Массу он находит по известной со школы формуле «плотность на объем»:

$$M = V \cdot \rho.$$

Это было бы просто, если бы не одно «но»: плотность воды зависит от ее температуры и давления. Причем зависимость эту нельзя выразить точной формулой – она определяется либо по специальным таблицам, либо при помощи аппроксимирующего полинома. Энтальпия – это тоже функция давления и температуры, и тоже «табличная».

Таким образом, чтобы реализовать простейшую формулу $M(h_1 - h_2)$, вычислитель должен получить от своих датчиков (измерительных преобразователей) информацию об измеренном объеме, температурах и давлениях. Затем, зная температуры и давления, прибор должен найти соответствующие им значения плотности и энтальпий, массу, вычислить разность энтальпий и только затем уже найти Q .

Получается, что без знания давлений теплосчетчик практически не способен

выполнять свои функции? Теоретически – да. А на практике все определяется той точностью, с которой мы хотим производить измерения.

Не секрет, что если умножить не массу на разность энтальпий, а объем на разность температур, то в цифрах получим ПРИМЕРНО тот же результат. Ведь плотность воды при любой температуре и любом давлении БЛИЗКА к 1000 кг/м^3 , поэтому мы можем считать, что масса одного кубометра воды всегда ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО равна 1 т. Также и значения удельных энтальпий (в калориях на грамм) численно ПРИМЕРНО равны значениям соответствующих температур (в градусах Цельсия). А как велики эти «примерно» и «приблизительно»? Ответ на этот вопрос представлен в табл. 1.

Воспользовавшись приведенными в табл. 1 данными, каждый может посчитать, насколько мы ошибемся, если при одних и тех же значениях температур и давлений вместо точной формулы (масса на разность энтальпий) применим приближенную (объем на разность температур). Если для нас такая точность приемлема – пожалуйста. Но она не приемлема с точки зрения российских «Правил учета». Вот почему наши теплосчетчики вычисляют и плотность, и энтальпию. А вот европейские приборы этого не делают. В них используется упрощенная формула, в которую для повышения точности введен коэффициент Штюка. Но об этом мы поговорим в одной из следующих статей нашего цикла. Пока же вернемся к измерению давлений.

Чтобы измерять тепло точно, необходимо вычислять плотность и энтальпию, для чего, в свою очередь, нужно знать давление. Но ведь в самом начале статьи мы сказали, что зачастую измерять давление необязательно! Противоречие? И да, и нет, потому что здесь все снова определяется тем, с какой точностью мы хотим учитывать тепло и массу теплоносителя.

Рассмотрим еще раз табл. 1. При сравнении столбцов для температур 100 и 101°C видно, что при неизменном давлении с изменением температуры и плотность, и удельная энтальпия ЗАМЕТНО изменяются. А вот при одной и той же температуре, но разном давлении – плотность и удельная энтальпия изменяются НЕ ОЧЕНЬ значительно. Кроме того, в нормально работающих системах теплоснабжения давление является более или менее постоянным.

■ Датчики давления далеко не всегда входят в состав теплосчетчиков. В каких случаях эта деталь является необходимой, а в каких – без нее можно обойтись?

Таблица 1.

Параметры воды: температура, давление, плотность, удельная энтальпия.

		Температура воды, °С				
		50	75	100	101	
Давление воды, МПа	0,3	988,1169	974,9533	958,4860	957,7651	Плотность, кг/м ³
		50,05619	75,03798	100,1273	101,1346	Уд. энтальпия, кал/г
	0,5	988,2042	975,0424	958,5800	957,8594	Плотность, кг/м ³
		50,09740	75,07655	100,16320	101,1704	Уд. энтальпия, кал/г

Вторая статья нашего цикла (см. «Коммунальный комплекс России» №2, 2010) посвящена датчикам давления. В составе теплосчетчика они встречаются нечасто. Почему? Дело в том, что действующие «Правила учета тепловой энергии и теплоносителя» разрешают обходиться без них, если тепловая нагрузка в системе теплопотребления не превышает 0,5 Гкал/час. Под эту категорию попадает большинство наших стандартных домовых систем. А раз так, то зачем тратить лишние деньги на оборудование? По той же причине и многие тепловычислители, предназначенные для применения в сфере ЖКХ, «не умеют» работать с датчиками давления.

Вот почему вопрос о том, нужны ли в вашем конкретном случае, в вашем конкретном узле учета эти датчики, следует решать заранее – на стадии разработки и согласования проекта. Ведь если в проект ошибочно заложен и по недосмотру согласован вычислитель, который с датчиками давления не работает, то в дальнейшем недостаточно будет просто докупить и смонтировать датчики – придется менять и его.

Ученые доказали: если в системах с тепловой нагрузкой менее 0,5 Гкал/час давление не измерять, а использовать **приближенные к реальности** константы, то точность измерений тепловой энергии не выйдет за установленные «Правилами учета» рамки. Слова «приближенные к реальности» выделены не зря. Если значения давлений ввести в вычислитель наобум, да еще и задать их, например, одинаковыми для подающего и обратного трубопроводов, то учет будет некорректным.

Устройство датчиков давления

Датчики давления в составе теплосчетчика нужны тогда, когда тепловая нагрузка в системе превышает 0,5 Гкал/час. Или тогда, когда необходимо быть особо уверенным в результатах учета. Или – тогда, когда по каким-либо причинам необходимо контролировать (регистрировать) давление в трубопроводах. Ведь «Правила учета» разрешают не использовать датчики тем, кто желает сэкономить на оборудовании, но не запрещают применять их тем, кому это для чего-либо нужно.

Во многих случаях датчики давления в составе теплосчетчика не обязательны, но полезны. Да и стоят они недорого, особенно по сравнению с преобразователями расхода.

Принцип работы датчика прост. Давление среды воздействует на чувствительный элемент, отчего его свойства изменяются, и эти изменения электронной схемой «транслируются» в выходной сигнал, пропорциональный давлению. В качестве чувствительного элемента может выступать, например, мембрана с расположенными на ней тензорезисторами. Под давлением тензорезисторы деформируются (тем сильнее, чем выше давление), в результате изменяется их электрическое сопротивление. По величине этого изменения и определяется давление.

Отметим: бывают датчики избыточного, а бывают абсолютного давления. Избыточное – это давление сверх атмосферного, абсолютное – сумма атмосферного и избыточного. Если датчики давления изначально не входили в комплект теплосчетчика, то при их выборе необходимо точно знать, информацию о каком именно давлении (избыточном или абсолютном) должен получать вычислитель.

Монтаж и подключение

Датчик давления представляет собой, как правило, небольшой цилиндр, в нижней части которого имеется резьба (обычно М20х1,5) для монтажа, в верхней – разъем или клеммник для подключения кабеля связи с вычислителем. В отличие, например, от термопреобразователя, чувствительный элемент которого всегда отделен от контролируемой среды как минимум корпусом, а чаще – защитной гильзой, чувствительный элемент датчика давления должен соприкасаться со средой. Среда в нашем случае – это горячая или очень горячая вода, в которой могут содержаться механические примеси. Мембрана датчика – деталь довольно нежная. Вот почему датчик давления монтируется не прямо «в стенку» трубопровода, а через так называемое отборное устройство – импульсную или демпферную трубку. Это, действительно, трубка, большая часть которой «свернута в кольцо». Одним концом трубка присоединяется (обычно при помощи сварки) к трубопроводу, на другом монтируется датчик давления. Трубка защищает датчик от воздействия высокой температуры (вода в «кольце» остывает) и пульсации давления. Для того чтобы датчик можно было легко демонтировать (для диагностики, ремонта, проверки), он присоединяется к трубке не напрямую, а через запорную арматуру (кран, вентиль).

Выходной сигнал датчика давления – чаще всего токовый. Сила тока изменяется в диапазоне 0–5, 0–20 или 4–20 мА пропорционально измеряемому давлению. Применяются также датчики, информативный параметр сигнала которых – напряжение. Вот почему при выборе датчиков давления необходимо знать, с каким именно сигналом работает ваш вычислитель.



Заключение

В системах теплопотребления с тепловой нагрузкой свыше 0,5 Гкал/час применение датчиков давления в составе теплосчетчика обязательно, в системах с меньшей нагрузкой – на усмотрение потребителя. Если датчики давления не используются, в вычислитель должны быть введены осмысленные, близкие к реальным (расчетным, проектным) константы давлений. При подборе датчиков для конкретного вычислителя необходимо знать, какое давление (абсолютное или избыточное) должен измерять датчик и какой сигнал (токовый или связанный с напряжением) он должен передавать. □