

## Теплосчетчики: назад, к простым приборам?

*В.А. МЕДВЕДЕВ, нач. лаборатории поверки и испытаний теплотехнических средств измерений и измерительных систем ФГУ «Ростест — Москва»; М.Н. БУРДУНИН, технический директор, А.А. ШИНЕЛЕВ, зам. ген. директора по научно-техническим вопросам ООО «ТБН энергосервис»*

**Бурный прогресс в развитии «интеллектуальной мощности» теплосчетчиков в России поставил в повестку дня вопросы, связанные с установлением и контролем соответствия нормам и требованиям, обязательным для СИ, применяемых в учетных операциях. Все больше проявляются свойства теплосчетчика как измерительной системы с развиваемым программным компонентом. Вряд ли такие процессы можно и нужно останавливать, но здесь, несомненно, должны быть приняты и выполняться определенные правила и договоренности, удобные и понятные для потребителя, выполнимые с точки зрения изготовителя, допустимые с позиций закона и возможности контроля со стороны государства, призванного регулировать отношения в этой важнейшей сфере экономики.**

Европейский стандарт EN 1434-97 и рекомендация МОЗМ R75 установили основные требования к теплосчетчикам и правила контроля при испытаниях образцов и поверке, в том числе единственный алгоритм теплосчетчика – прибора для измерения количества теплоты, переданного (полученного) теплоносителем в системе теплоснабжения, закрытой - по нашей терминологии.

На наш взгляд, удобно было бы рассматривать две его модификации – для закрытой системы – тип 1 и для тупиковой открытой, без возврата теплоносителя - тип 2. Такое рассмотрение не является оригинальным, однако мы рассмотрим некоторые, на наш взгляд, существенные аспекты этого подхода.

ГОСТ Р 51649-2000 учел особенности российской практики – системы теплоснабжения могут быть открытыми и для них нужен двухканальный (двухпоточный) прибор, хотя задача измерения в таких системах может быть решена применением двух теплосчетчиков типа 2 (об этом – ниже). Разработчики пошли дальше - появились многоканальные приборы, позволяющие в одном корпусе объединить счетчики для нескольких систем теплоснабжения, сильно развить объем и возможности архива, предварительных настроек и обработки результатов измерений, поставляемых каналами теплосчетчика. Обычный аргумент в пользу такого подхода: один электронный блок может обслуживать узел учета теплоты и теплоносителя в ЦТП, РТС или здании, в нем единая временная сетка и единый интерфейс. Конечно, это путь экономии электронных и некоторых других элементов вычислительного блока, но вместе с тем и возможность ухода от принципов строгого следования обязательным нормам.

Для начала рассмотрим одноканальный теплосчетчик типа 1. Поставим вопрос: как должен быть организован программный компонент вычислителя такого теплосчетчика? Предлагается разделить программную область на две зоны.

**Первая** отвечает обязательным требованиям нормативных документов и подлежит государственному метрологическому контролю (подтверждению соответствия обязательным требованиям). В этой области производится вычисление и суммирование нарастающими итогами количеств теплоты и теплоносителя. Алгоритмы этой части строго соответствуют стандарту. В частности, для закрытой системы следует принять норму евростандарта – вычислять плотности и удельные энтальпии воды при одинаковых давлениях в подающем и возвратном трубопроводах ( $p=1,6$  МПа). В этой части программного компонента обеспечивается вывод на дисплей, по крайней мере, в режиме поверки, значений температур по входу и выходу, разности температур, количества теплоносителя, количества теплоты, немногочисленных настраиваемых параметров. Если у тепловычислителя импульсный вход по расходу и предусмотрено применение разных

типов термопреобразователей, то перестройка цены импульса и типа термопреобразователя допускается только после вскрытия пломбы поверителя с последующей ее установкой. Другие настройки исключаются. Несанкционированный доступ в этой части должен стать невозможным. В архиве этой части должны сохраняться данные об ошибках установленных типов с метками календарного времени начала и конца событий. Требования к точности привязки по времени и измерений интервалов времени должна быть установлена в нормативном документе (или устанавливаться в ТУ) и должна контролироваться при испытаниях образцов (испытаниях типа СИ).

**Вторая** зона программного компонента предназначается для создания и хранения архива результатов и архива дополнительных характеристик и событий и может содержать алгоритмы обработки результатов измерения, установленные в «добровольных» стандартах, то есть в стандартах добровольной системы сертификации. Такие стандарты могут предусматривать, по согласию между заинтересованными сторонами процесса продажи-купли теплоты и теплоносителя, пользователей и изготовителей теплосчетчиков специальные способы обработки и представления в архиве этой зоны (и/или на дисплее вычислителя в режиме контроля) некоторых параметров теплоносителя (например, температур и давлений теплоносителя), выхода их или их комбинаций за установленные границы, условные вычисления количества теплоты и теплоносителя в периоды «неработы» теплосчетчика, в том числе в периоды нахождения его в состояниях выхода за границы установленных для него диапазонов измерения расхода теплоносителя, температуры, разности температур теплоносителя. В этих же стандартах должна быть предусмотрена процедура доступа, а также контроля наличия и качества защиты этой зоны программного компонента от несанкционированного доступа.

Контроль соответствия этой зоны программного компонента требованиям добровольных стандартов на стадии испытания образцов может быть предметом добровольной сертификации в соответствии с Законом «О техническом регулировании в РФ». На предварительных этапах перехода к такой практике роль добровольных стандартов могут выполнять технические условия изготовителя, а контроль при испытаниях образцов могут проводить аккредитованные центры испытаний средств измерений. В программы испытаний следует вносить соответствующие разделы и пункты.

Интерфейс такого тепловычислителя, конечно, должен обеспечивать возможность чтения данных из обеих зон.

Следует подчеркнуть одно очевидное положение: если теплосчетчик включается в сеть средств измерения, которые образуют измерительную систему, то зона добровольного программного компонента может стать частью системного программного компонента и физически будет содержаться в центральном вычислительном компоненте системы. В таком тепловычислителе достаточно оставить только зону 1, что, по меньшей мере, упрощает его испытания и порядок его поверки. Здесь же отметим, что программный компонент такой системы, в свою очередь, также следует поделить на две зоны, аналогичные приведенным нам рис. 1. Зона 1 в этом случае будет «ответственна» за поддержание единого времени в системе, «выстраивание» результатов, получаемых из зон1 теплосчетчиков по каналам системы, на эту единую сетку времени, синхронизируемого с календарным временем, хранение этих результатов в архиве. Именно эта часть программного компонента будет подлежать контролю при поверке системы. В зоне 2 могут выполняться операции суммирования, сравнения, подсчета балансов теплоты и теплоносителя, вычисление количеств теплоты и теплоносителя в периоды «неработы» каналов и системы в целом и т. д.

Такие «однозонные» теплосчетчики могут, конечно, применяться и без включения в измерительную систему, если продавец и покупатель согласятся на такой способ измерения. Еще не забыты времена, когда все теплосчетчики были именно такими.

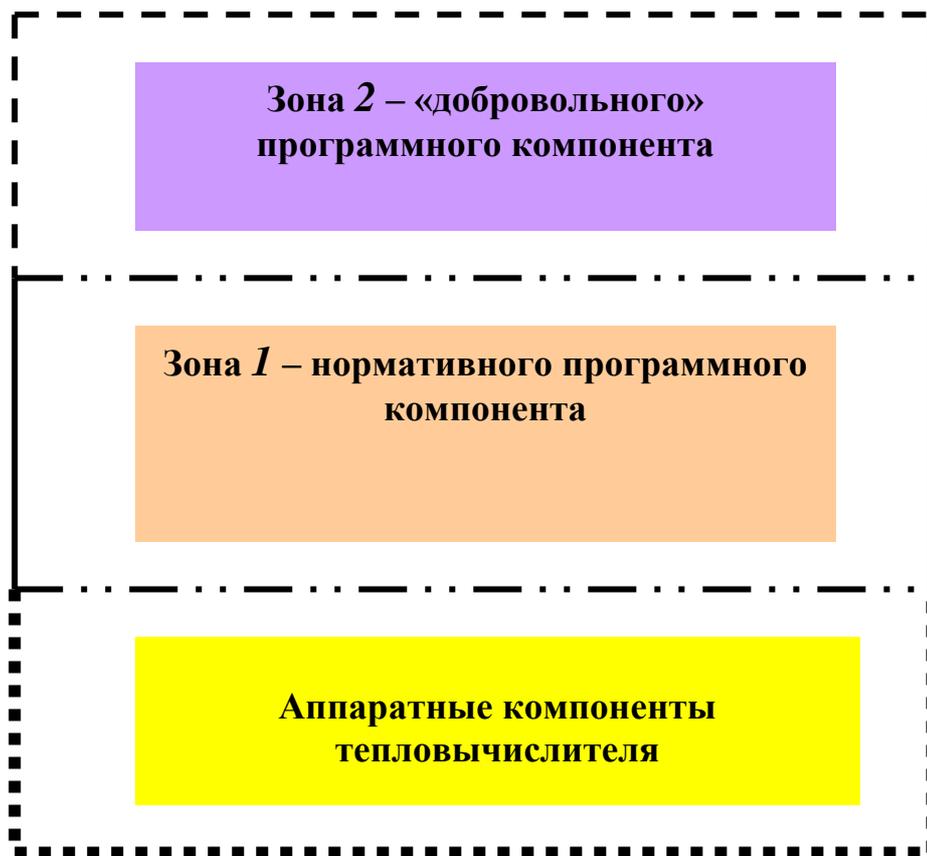


Рис. 1. Схема структурирования программного компонента тепловычислителя теплосчетчика

Обратимся к некоторым вопросам, возникающим в связи с рассмотрением теплосчетчиков двух типов - 1 и 2. Алгоритм измерения количества теплоты для них одинаков (используем общепринятые обозначения входящих величин):

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} g * (h_1 - h_2) * d\tau \quad \text{или} \quad Q = \int_{V_1}^{V_2} k * (t_1 - t_2) * dV$$

Однако для них различен способ определения величины разности (температур или удельных энтальпий) в подинтегральном выражении, как различна и комплектность. В приборе типа 1 разность температур измеряется комплектом из двух термопреобразователей, подобранных в пару и размещаемых в подающем и возвратном трубопроводах. В приборе типа 2 в принципе тоже возможна такая конфигурация, но, как правило, в первую очередь в системе учета у потребителя, температура  $t_2$  – температура холодной воды у производителя - не может быть измерена и задается в памяти тепловычислителя в виде константы, так что используется только один термопреобразователь, измеряющий температуру теплоносителя в подающем трубопроводе.

Это отличие далеко немаловажно с точки зрения нормирования и контроля характеристик погрешности измерения количества теплоты. Во-первых, как нормировать и контролировать характеристики погрешности вычислителя по количеству теплоты?

Воспользуемся нормой для предела допускаемой погрешности вычислителя, установленной в R75 и EN 1434 (относительная погрешность в процентах):

$$\delta_{\text{выч}} = 0,5 + \frac{\Delta t_{\text{min}}}{\Delta t}$$

В теплосчетчике типа 1 согласно указанным рекомендациям проверку проводят при трех значениях разности температур, два из них вблизи верхней и нижней границ  $\Delta t$ , третье лежит между 10К и 20К, при значении обратной температуры потока между 40°C и 70°C. Температуры теплоносителя при поверке мы имитируем, подключая два магазина сопротивления ко входам измерения температуры. В современных вычислителях обычно  $\Delta t_{\text{min}} \leq 3^\circ\text{C}$ . В случае типа 2 используем тот факт, что температура холодной воды изменяется в узких пределах – от 0°C до 20°C, в среднем примем ее равной 10°C, а температура воды на подаче вряд ли может быть ниже 30°C. При поверке такого вычислителя мы должны применить только один магазин сопротивления, имитирующий температуру подаваемой нагретой воды, и задавать ее значения от примерно 30°C до 90°C. Предел допускаемой погрешности для вычислителя запишется в виде:

$$\delta_{\text{выч}} = 0,5 + \frac{\Delta t_{\text{min}}}{t - 10}$$

Нетрудно заметить, что можно положить  $\Delta t_{\text{min}} = 20^\circ\text{C}$ , сохранив вклад этой составляющей на прежнем уровне. По крайней мере, при сохранении  $\Delta t_{\text{min}} = 3^\circ\text{C}$ , у нас есть некий запас по точности, не менее 0,7%.

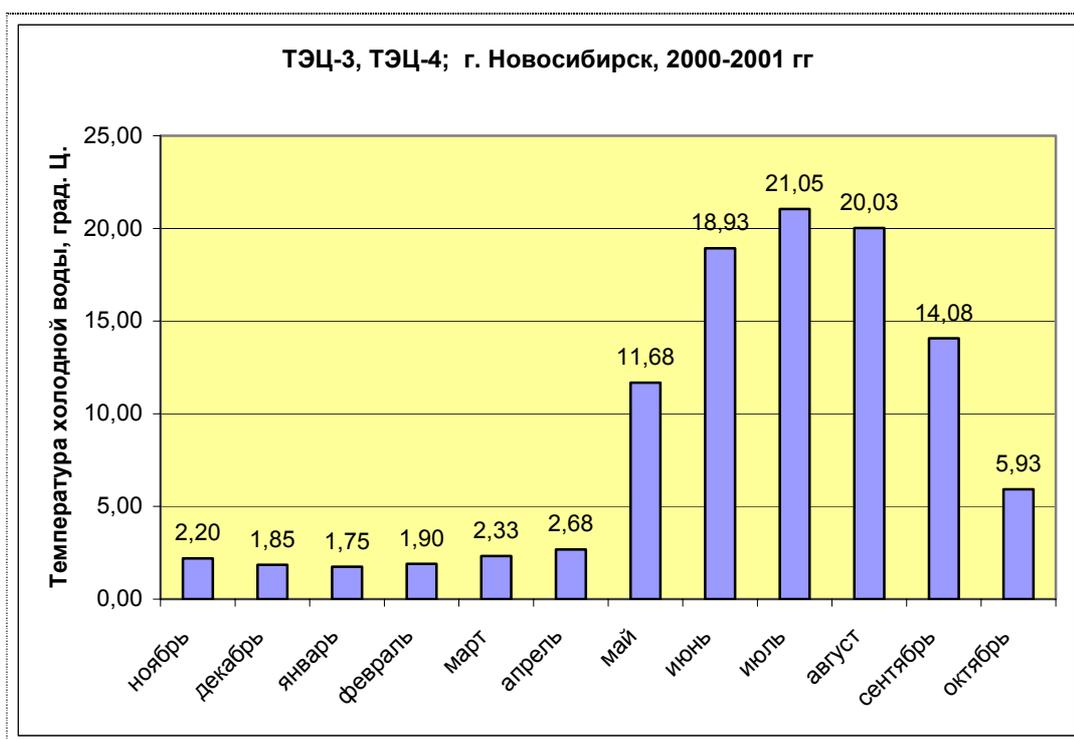
В то же время, учитывая суммирование пределов погрешностей элементов для теплосчетчика, мы должны будем применить термопреобразователь класса допуска А по ГОСТ 6651 или, еще лучше, класса допуска В/3 по рекомендации МОЗМ R84 «Платиновые, медные и никелевые термометры сопротивления (для промышленного и коммерческого применения)», чтобы остаться в рамках предела допускаемой суммарной погрешности этих двух элементов.

Второй важный момент – как задавать температуру холодной воды и какую вероятную дополнительную погрешность этот прием может внести в результат измерения. Мы поддерживаем мнение, которое неоднократно высказывалось ранее – публиковать официальную статистику температуры холодной воды по крупным производителям тепловой энергии и в целом по населенным пунктам с указанием рекомендуемых периодов осреднения и характеристик рассеяния.

Приведем для примера статистику значений температуры холодной воды по двум ТЭЦ г. Новосибирска за 2000 и 2001 г.г. (рис. 2).

Если принять нормальное распределение вероятностей, то расширенная неопределенность значений температуры холодной воды составит 2/3 от размаха («границы»), что в среднем составляет не более 0,5°C. Даже для разности температур теплоносителя в 40°C дополнительная вероятная погрешность определения разности температур составит порядка 1% на фоне 4,5%, допускаемых по этому параметру при минимальной разности температур.

Конечно, можно использовать и апостериорную корректировку значений количества теплоты с использованием рекомендаций ГОСТ Р 8.592–2002.



	ТЭЦ-3		ТЭЦ-4		среднее	мин	макс	границы	
	2000	2001	2000	2001					
ноябрь	2,1	2	2	2,7	2,20	2	2,7	0,35	
декабрь	2	2	1,9	1,5	1,85	1,5	2	0,25	
январь	2	2	1,4	1,6	1,75	1,4	2	0,3	
февраль	2	2	1,6	2	1,90	1,6	2	0,2	
март	2	2	2,3	3	2,33	2	3	0,5	
апрель	2	2	3,8	2,9	2,68	2	3,8	0,9	
май	10,4	12,1	11,2	13	11,68	10,4	13	1,3	
июнь	19,3	19,2	18,2	19	18,93	18,2	19,3	0,55	
июль	20,7	20,8	22	20,7	21,05	20,7	22	0,65	
август	20,2	20,4	20,5	19	20,03	19	20,5	0,75	
сентябрь	14,5	13,3	14	14,5	14,08	13,3	14,5	0,6	
октябрь	3,7	6,2	6,3	7,5	5,93	3,7	7,5	1,9	
								0,69	среднее

Рис. 2 Статистика температур холодной воды по двум ТЭЦ г. Новосибирска.  
Все данные в таблице и на графике в градусах Цельсия.