

Коэффициент превышения расхода $K_{пр}$, его физический смысл и допускаемые значения

Пункт 5.2.4. «Правил учета тепловой энергии и теплоносителя» [1] гласит: «Водосчетчики должны обеспечивать измерение массы (объема) теплоносителя с относительной погрешностью не более 2 % в диапазоне расхода воды и конденсата от 4 до 100 %». Определим максимально допустимое расхождение показаний водосчетчиков, установленных на подающем и обратном трубопроводах, для заведомо закрытых систем теплоснабжения.

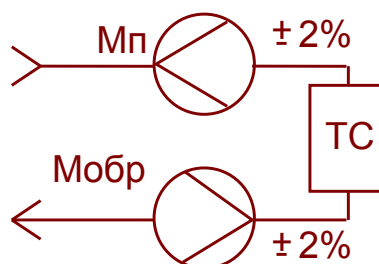


рис.1

Рассмотрим предельный случай, когда все составляющие погрешности водосчетчика $M_{пр}$ сложились в одну сторону, например, в плюс, а все составляющие погрешности водосчетчика $M_{обр}$ сложились в другую сторону. Определим разность $M_{пр}$ и $M_{обр}$ с учетом самого неблагоприятного случая разбега погрешностей. Имеем:

$$M_{пр} - M_{обр} = (M_1 + \text{вс}) - (M_2 - \text{вс}) = (M_1 - M_2) + 2 \text{ вс} \quad (1)$$

где: - вс относительная погрешность ВС, выраженная в абсолютных единицах массы.

Для закрытой системы $M_1 = M_2$, в этом случае формула (1) принимает вид:

$$M_{пр} - M_{обр} = 2 \text{ вс} \quad (2)$$

Переведем обратно абсолютные единицы массы в относительные единицы погрешности ВС, имеем:

$$M = 2 \text{ вс} \dots \dots \dots (3)$$

Формула (3) говорит о том, что при определении разности масс в подающем и обратном трубопроводах имеется некая зона неопределенности, равная удвоенной погрешности СИ. **В зоне этой неопределенности невозможно достоверно, с вероятностью близкой к 1, определить, какая из измеренных величин больше $M_{пр}$ или $M_{обр}$.**

Для 2 %-ных водосчетчиков эта зона неопределенности, в соответствии с (3), равна 4,0 %.

Для 1 %-ных водосчетчиков эта зона неопределенности, в соответствии с (3), равна 2,0 %.

Для 0,1 %-ных водосчетчиков эта зона неопределенности, в соответствии с (3), равна 0,2 %.

Попробуем сформулировать определение $K_{пр}$.

Определение: - $K_{пр}$ (коэффициент превышения расхода) есть значение расхождения массового расхода теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах, выраженное в относительных единицах, в пределах которого невозможно определить, с вероятностью близкой к единице, какой из расходов больше или меньше. Т.е. **$K_{пр}$ – зона не-**

определенности расходов, в пределах которой измерения разности расходов не достоверны.

Следует отметить, что данное определение справедливо как для случая превышения Мобр над Мп, так и наоборот!

Выше мы определили зону неопределенности для 2%-ных водосчетчиков, использование которых разрешено «Правилами...». Она составляет 4%. Следовательно, *при разности измеренных часовых масс (массового расхода) Мобр и Мп менее 4% нельзя делать вывода о несоответствии узла учета требованиям «Правил...»*. К сожалению, некоторые метрологи до сих пор допускают подобные «ошибки» и считают узлы учета «умершими» даже при 1,56%-ном разбросах часовых масс. Все вышесказанное справедливо как для закрытых систем теплоснабжения, так и для открытых.

Для открытых систем ТС существует дополнительное требование: измеренный массовый расход в обратном трубопроводе не может быть больше массового расхода в прямом трубопроводе на величину Кпр (подпитка не допускается).

Таким образом, «Правилами...» определены «ворота», в которые должны укладываться метрологические характеристики всех без исключения средств измерения массового расхода в прямом и обратном трубопроводах, используемых для коммерческого учета тепла и теплоносителя.

А что делать, когда для учета теплоносителя используются средства измерения с относительной погрешностью меньшей, чем допускают «Правила...»? В этом случае ответ один: необходимо введение дополнительного Кпр, так называемого ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО. Суть его – определение границ начала достоверных измерений в соответствии с относительной погрешностью используемого средства измерения.

Назовем:

первый Кпр – КПРД = 4 % (допускаемый);

второй Кпр – КПРИ (измерительный), значение которого должно соответствовать (3).

По превышению КПРД должны прекращаться измерения и включаться время останова УУ.

При Мобр-Мп > КПРД для открытых систем ТС;

При Мпр-Мобр > КПРД для закрытых систем ТС.

КПРД КПРИ всегда!

По превышению КПРИ следует считать измерения разности часовых масс событием достоверным и производить по измеренным значениям расчет тепла. А что делать, когда разность часовых масс находится в зоне КПРИ? В этом случае должны вступать в силу договорные отношения поставщика тепла (теплоносителя) и абонента. Метрологические законы на зону неопределенности не распространяются.

В зоне действия КПРИ возможны три варианта договорных расчетов:

1. Приравнять Мп к Мобр по значению Мп (так сделано в некоторых старых, включенных в Госреестр тепловычислителях);
2. Приравнять Мобр к Мп по значению Мобр (так рекомендуют МИ-2813 [2] и происходит во многих современных тепловычислителях);
3. Приравнять Мп к Мобр по среднему значению $(Мп+Мобр)/2$ (МИ 2813 допускают подобное приравнивание, и во многих современных ТВ такая возможность имеется).

Для заведомо закрытых ТС вариант -3 метрологически обоснован, т.к. речь идет о двух измерениях одной и той же физической величины (при этом заведомо считают, что утечек нет) – массе теплоносителя с помощью двух средств измерений.

Рассмотрим два примера.

Пример 1, рис. 2.

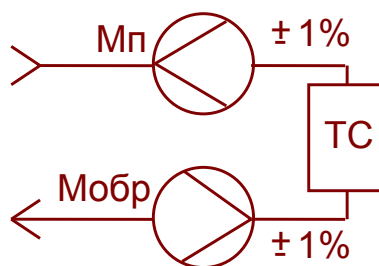


рис.2

В схеме рис.2 представлена типовая закрытая система ТС с водосчетчиками в прямом и обратном трубопроводах. Для данной схемы возможны три варианта учета тепла и теплоносителя:

1. В расчетах использовать только Мп, а ВС Мобр считать контрольным для возможных утечек.
2. В расчетах использовать только Мобр, а ВС Мп считать контрольным для возможных утечек.
3. В расчетах использовать оба ВС с целью снижения погрешности измерений. При этом считают, что измеряемая физическая величина – одна, а средств измерения одной и той же ФВ – два. В данном случае во всем диапазоне измерения часовых масс следует брать среднеарифметическое значение показаний ВС, т.е. $M = \frac{M_{п} + M_{обр}}{2}$. Погрешность измерений в этом случае минимальна и равна $\frac{2}{2} = 0,707\%$.

Варианты расчетов 1 и 2 широко используются на практике для закрытых систем. Вариант 3 пока не нашел применения на практике, хотя и является наиболее точным с точки зрения метрологии, без учета гидравлических процессов в теплосистеме. Для вариантов расчетов 1 и 2 достаточно в тепловычислителе установить значение КПРД= 4%, т.к. второй ВС в вычислениях не участвует. Для варианта расчетов 3 следует установить дополнительно КПРИ = 2%, т.к. оба ВС принимают участие в расчетах тепла. При нахождении результатов измерений в зоне КПРИ узел учета следует считать полностью исправным. При $K_{ПРИ} < M < K_{ПРД}$ тепловычислитель должен регистрировать соответствующую нештатную ситуацию, но вычислений и измерений не прекращать. Анализ данных НС должен выявлять причины их появления. При $M > K_{ПРД}$ ТВ должен иметь возможность останавливать вычисления и измерения и включать время останова. (Решение о принятии данного алгоритма или нет принимает ТСО). При $M > K_{ПРД}$ необходимо производить более тщательный анализ причин возникновения НС вплоть до остановки УУ и отправки СИ на внеочередную поверку.

Пример 2, рис.3.

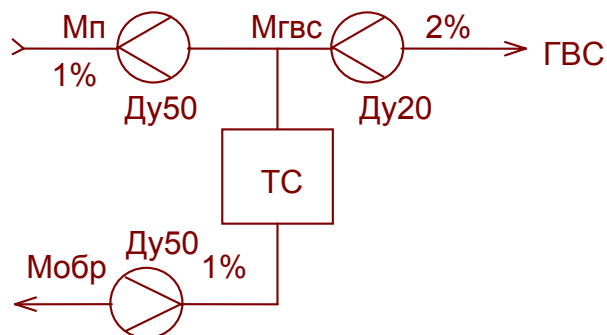


рис.3

В схеме рис.3 представлена типовая открытая система ТС с водосчетчиками в прямом, обратном трубопроводах и трубопроводе ГВС. Для данной схемы возможны три варианта учета тепла и теплоносителя:

1. Без учета Мгвс. Учет тепла и теплоносителя ведется по показаниям часовых масс Мп и Мобр. Мгвс используется только для контроля. Данный вид учета используется довольно часто, хотя обладает существенными недостатками, описанными в [3].
2. С учетом Мгвс. Учет тепла и теплоносителя ведется по показаниям часовых масс Мобр и Мгвс, а Мп используется только для контроля утечек и в расчетах тепла не участвует.
3. С учетом Мгвс. Учет тепла и теплоносителя ведется по показаниям часовых масс Мп и Мгвс, а Мобр используется только для контроля утечек и в расчетах тепла не участвует.

Для варианта 1 следует устанавливать в тепловычислителе два Кпр – КПРД = 4%, и КПРИ = 2%, т.к. в вычислениях участвуют оба водосчетчика Мп и Мобр.

Для вариантов 2 и 3 следует в ТВ устанавливать только один Кпр, а именно КПРД = 4%, т.к. в вычислениях второй ВС участия не принимает.

Рассмотрим реакцию теплосчетчиков разных производителей на ситуации, связанные с Кпр (соотношение значений расхода в прямом М1 и обратном М2 трубопроводах).

Данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Тип тепловычислителя	Погрешность расходомеров	Значение Кпр	Реакция на событие		Основание
			М1<М2 КпрМ1	М2>КпрМ1	
Требования Ленэнерго	1% 2%	0,0156 от М1 0,03 от М1	$M1=M2_{изм}+M_{гвс}+M_{ну}$ $M2=M2_{изм}$ $W2=(M1-M2)(h1-h_{хв})$	Останов ТС	Решение От 21.03.03

Требования ТЭК	Не более 2%	0,04 от M1	Регистрация НС, Учет без приравнивания $M1=M1_{изм}$; $M2=M2_{изм}$ $W=M1(h1-h_{хв})-M2(h2-h_{хв})$	Регистрация НС, Учет продолжается	Протокол тех со-вещ. От 09.04.04
ВКТ-4М	нет	нет	нет	нет	РЭ на ВКТ-4М
ВКТ-5М	1% 2%	0,02 от M1 0,04 от M1	$M1=M2=(M1+M2)/2$ $W2=0$	$M1=M1_{изм}$ $M2=M2_{изм}$ $W2=0$	РЭ на ВКТ-5М Стр.76.
ВКТ-7	1% 2%	0,02 от (M1+M2) 0,04 от (M1+M2)	1. Только диагностика 2. Диагностика и приравнивание $M1=M2=(M1+M2)/2$	1) Только контроль. 2) Контроль и приравнивание $W=0$	РЭ на ВКТ-7, стр 33.
СПТ 961М	нет	нет	нет	нет	РЭ на СПТ 961
СПТ 941	нет	0,04 от M1	Регистрация НС	Регистрация НС	РЭ на СПТ-941, стр.13
СПТ 942	нет	0,04 от M1	Регистрация НС	Регистрация НС	РЭ на СПТ-942 стр.33
Взлет ТСР	нет	0 0,100	1) Регистра-ция НС $W2=W_{изм}$ 2) Регист-рация и при-равнивание $M1=M2=M2_{изм}$ $W2=0$	Останов ТС	РЭ на ТСР-010М

Из таблицы 1 видно, что ни у одного тепловычислителя нет дополнительных Кпр. Реакции на событие – НС у каждого тепловычислителя свои. Даже требования теплоснабжающих организаций на НС $M2>M1$ – разные. Понятия Кпр и его значения также разные. В «Правилах учета....» суть Кпр вообще не рассмотрена. Необходимо привести все понятия Кпр и их значения к единообразию, обязательному для всех, либо вообще от Кпр отказаться и вести учет по другим законам.

В заключение следует отметить, что правильное понимание физической сути КПРД и КПРИ и грамотное их применение в алгоритмах работы теплосчетчиков позволит разрешить многие существующие конфликты между ТСО, абонентами и производителями теплосчетчиков, позволит добиться более надежной работы УУ, повысит достоверность учета.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Правила учета тепловой энергии и теплоносителя», Москва, 1995г.
2. МИ 2813-2003. «ГСИ. Учет тепловой энергии и количества теплоносителя. Алгоритмы реакции теплосчетчиков на нештатные ситуации при учете тепловой энергии», Казань, 2003г.
3. Лупей А.Г. «О контроле утечек теплоносителя и экономических последствиях этого контроля», материалы апрельской конференции «Коммерческий учет энергоносителей», С.Петербург, 2003г.

Иванов С.С.,
главный эксперт по коммерческим узлам учета.