

# Теплосчетчик «в разрезе»

## О термопреобразователях



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

О теплосчетчиках на страницах журнала «Коммунальный комплекс России» мы писали уже не раз. Но в основном это были статьи «начального уровня». В них рассказывалось о том, что такое теплосчетчик, из чего он состоит и на какие характеристики стоит обратить внимание при его выборе. Новый цикл публикаций под общим заголовком «Теплосчетчик «в разрезе» задуман иначе. Мы хотим познакомить читателя с тем, как устроены приборы учета, и объяснить, от чего зависит их работоспособность. Мы ответим на вопросы, развенчаем мифы и, возможно, снимем завесу тайны с некоторых теплоучетных тем. Первая статья – о термопреобразователях.

В журнальных статьях по теплоучету, докладах на конференциях, дискуссиях на интернет-сайтах, разговорах в офисах и мастерских почему-то почти всегда речь идет об измерении расхода теплоносителя, о расходомерах. Неужели вся суть учета и все его проблемы сосредоточены именно в этих элементах теплосчетчика? Ведь в формуле для тепловой энергии в общем случае два «равноправных» члена: расход и разность температур. (На самом деле, конечно, масса и разность энтальпий. Но непосредственно измеряются именно расход и разность температур, поэтому позволим себе такую вольность в высказываниях.) А это значит, что роль термопреобразователей в учете тепла ничуть не меньше, чем роль преобразователей расхода.

Вероятно, большинству людей термопреобразователь кажется настолько простым устройством, а измерение температуры – настолько простой задачей, что об этом и говорить нечего. Но мы начнем наш цикл публикаций именно со статьи о термопреобразователях. Ведь подобранный наобум, неправильно смонтированный и неверно подключенный термопреобразователь превратит теплосчетчик из средства измерений в мебель ничуть не менее эффективно, чем неисправный расходомер.

### Термопара, термопреобразователь...

«А у вас есть термопары для теплосчетчиков?» – думаю, с таким вопросом сталкивался каждый, кто продавал или продает приборы учета. Но при чем здесь термопара? Да, в составе теплосчетчика есть как минимум два термопреобразователя: один устанавливается в подающий, а второй – в обратный трубопровод системы теплоснабжения. Но «пара термопреобразователей» и «термопара» – это совершенно не одно и то же.

Термопарой называют пару проводников из различных материалов, соединен-

ных на одном конце. Помещая термопару в некую среду, мы можем определить температуру этой среды, измеряя термоЭДС, возникающую на «свободных» концах проводников. Термопары широко применяются, например, в металлургии. Для работы в составе теплосчетчиков они не подходят хотя бы потому, что не обеспечивают необходимую точность измерений.

А в теплоучете используются термопреобразователи сопротивления. Принцип их действия основан на знакомом еще из школьного курса физики свойстве металлов изменять свое электрическое сопротивление в зависимости от температуры. «Кусочек» платины помещается в стержнеобразный корпус и соединяется проводами с тепловычислителем. Характеристики этого «кусочка», а значит и термопреобразователя в целом стандартизованы: электрическое сопротивление при температуре 0°C (обозначается как R0) – 100 или 500 Ом, номинальное отношение сопротивления при 100°C к R0 (обозначается как W100) – 1,391 или 1,385. «Зная» эти характеристики, вычислитель в любой момент времени по сопротивлению термопреобразователя вычислит его температуру.

### ... и пара термопреобразователей

Но в формуле для тепловой энергии присутствует не температура, а разность двух температур. Вот почему, как мы уже отметили выше, в составе теплосчетчика используется пара термопреобразователей (но никак не термопара!). И пара не простая, а согласованная. В чем именно и для чего она согласована? Очевидно, для измерения разности температур.

Не будем погружаться в дебри метрологии и попытаемся пояснить суть согласования проще. Реальная характеристика каждого термопреобразователя – зависимость электрического сопротивления от температуры – отличается от номинальной, теоретической. То есть и R0 может быть «не

■  
Как устроены приборы учета теплоэнергии? Рассмотрим подробнее один из элементов теплосчетчика – термопреобразователь. Какова его конструкция, какое значение он имеет для осуществления точных измерений потребленной теплоэнергии?

совсем 100 (или 500) Ом», и W100 – «не совсем 1,391 (или 1,385)». Но вычислитель этого «не знает», он оперирует номинальными характеристиками. В результате возникает погрешность измерений, причем разная для термопреобразователя в «подаче» и термопреобразователя в «обратке».

Представим, что при измерении первой температуры мы ошиблись на 1 градус, при измерении второй – на минус 1 градус. Значит, разность температур мы определим уже с ошибкой в 2 градуса. Причем по отношению к самой величине разности эти 2 градуса могут составить «приличный процент» и привести к серьезной ошибке измерения тепловой энергии. Получается, что нужно применять очень точные термопреобразователи, характеристики которых максимально приближены к номинальным? Но «очень точные» – это ведь всегда «более дорогие».

А что если взять два даже «не очень точных», но «ошибающихся одинаково» термометра? Ошибемся на 10 градусов в «подаче», на 10 – в «обратке» и на... 0 (!) градусов – при измерении разности! Говоря о 10 градусах, мы, конечно, утрируем, но суть ясна: в согласованную пару по специальной методике подбираются термопреобразователи, реальные характеристики которых отличаются от номинальных одинаково. И если метрологический класс единичного термометра тем выше, чем ближе его характеристики к «идеалу», то метрологический класс пары тем выше, чем ближе их характеристики друг к другу.

### Перестановка и замена

Конечно, не стоит думать, что каждый термопреобразователь из согласованной пары сам по себе «метрологически несостоятелен». В паспорте любой согласованной пары указывается не только предел погрешности измерения разности температур комплектом, но и предел («коридор») погрешности измерения температуры каждым термопреобразователем комплекта. Подбор в пару производится именно внутри этого «коридора». При этом найти среди множества отдельных термометров хорошо согласующиеся по характеристикам не так просто, поскольку требования к точности измерения разности температур теплосчетчиком достаточно высоки. Поэтому нельзя

взять два одиночных термопреобразователя (такие используются, например, для измерения температуры в отдельном трубопроводе горячего или холодного водоснабжения) и применить их вместо согласованной пары.

Также нельзя собрать пару из термометров, входивших до этого в разные пары. Если один из преобразователей согласованной пары поврежден или потерян, то второй, увы, нам тоже не пригодится.

Согласованная пара имеет один общий паспорт с единой отметкой о поверке. Оба термометра пары несут на себе одинаковые заводские номера или на одном из них к номеру добавляется буква, например, 1020 и 1020А. В этой связи нам запомнился один разговор с монтажниками, которые заявили:

- Термометр с буквой «А» нужно обязательно ставить в обратку!

- Почему?

- Так нам инспектор сказал. Термометр, говорит, специально так и обозначен: «А» – «Абратка».

- Но ведь пишется не «Абратка», а «Обратка»!

- Да? Странно, странно...

На самом же деле буква в обозначении смысловой нагрузки не несет – она нужна лишь для того, чтобы различать термопреобразователи. И совершенно не важно, в подающий трубопровод поставить прибор «А» или в обратный – точность измерения разности температур от этого не зависит.



### Конструкция термопреобразователя

Рассмотрим вопросы монтажа термопреобразователей. Опыт показывает, что монтажники, эксплуатанты и инспекторы ЭСО очень часто относятся к этому несерьезно. Не раз приходилось видеть в узлах учета термометры неподходящей длины, установленные в гильзы «не того» размера и неверно подключенные. Но прежде, чем рассмотреть эти типичные ошибки, познакомимся с конструкцией термопреобразователя сопротивления.

На вид он представляет собой длинный тонкий стержень, с одной стороны которого имеется клеммная головка либо разъем для подключения кабеля. На некотором расстоянии от противоположной головке (разъему) конца имеются «поясок» и подвижная гайка (штуцер) для фиксации термопреобразователя в монтажной гильзе (существуют и другие конструкции, но в силу ограниченности объема статьи мы их здесь не рассматриваем). Расстояние от свободного конца до «пояска» называют монтажной длиной, или длиной погружной части. Она может быть равна 35, 45, 60, 80, 100 мм и т.д.

Некоторые думают, что погружная часть термопреобразователя сделана из платины, и именно ее сопротивление измеряется для определения температуры. Другие считают, что из платины изготовлен весь стержень до самой клеммной головки. На самом же деле стержень – это всего лишь корпус, а сам платиновый чувствительный элемент очень мал и расположен внутри этого корпуса на конце погружной части. С клемма-

ми или разъемом он соединен проходящими внутри стержня проводниками.

### Монтаж термопреобразователей

Для того чтобы измерить температуру теплоносителя в трубопроводе, нужно термопреобразователь погрузить в этот трубопровод. Причем его надо погрузить так, чтобы чувствительный элемент (конец погружной части) располагался не где-нибудь у стенки трубопровода, а в толще воды, то есть примерно на продольной оси трубопровода или на глубине  $0,3-0,7 D_{\text{т}}$  трубопровода. Но длину погружной части ( $L$ ) нельзя выбрать произвольно. Ведь ряд этих длин стандартизован, поэтому в зависимости от соотношения  $D_{\text{т}}$  трубопровода и  $L$  термометра часть погружной части окажется снаружи. Она будет охлаждаться окружающим воздухом. Охлаждение будет «передаваться» всему корпусу термопреобразователя. Это, несомненно, повлияет на точность измерения температуры «внутри трубы». Отсюда следуют первые важные правила монтажа:

- монтажная длина термопреобразователя должна соотноситься с  $D_{\text{т}}$  трубопровода так, чтобы обеспечивалось нужное погружение ( $0,3-0,7 D_{\text{т}}$ ) при условии, что хотя бы  $2/3$  монтажной длины будет находиться в потоке теплоносителя;
- «наружная» часть корпуса термопреобразователя должна быть надежно теплоизолирована;
- участок трубопровода, прилегающий к месту монтажа, также должен быть теплоизолирован.

Термопреобразователь можно располагать как перпендикулярно продольной оси трубопровода, так и под углом. За счет угла наклона можно регулировать и глубину погружения. Если трубопровод слишком «тонкий», тогда термопреобразователь нужно монтировать в расщирении. Ведь помимо длины он имеет еще и «толщину», а значит, в тонкой трубе перекроет значительную часть сечения и затруднит движение теплоносителя. Тем более что обычно термопреобразователи погружаются в трубопровод не в «голом виде», а внутри защитной гильзы.

Гильза (иногда ее называют термокарманом) либо вваривается в трубопровод, либо вворачивается во вваренную в трубопровод бобышку. А уже в гильзу погружается (по «поясок») и фиксируется гайкой



(штуцером) термопреобразователь. Гильза защищает корпус термопреобразователя от гидроударов и воздействия «посторонних предметов», которые иногда появляются в потоке теплоносителя. Но в то же время она препятствует точному измерению температуры, поскольку отделяет чувствительный элемент от контролируемой среды. Чем толще стенки гильзы, тем хуже для измерений. Чем больше ее внутренний диаметр по отношению к наружному диаметру погружной части термометра, тем хуже для измерений. Важен и материал, из которого гильза изготовлена. Вот почему если подходить к теплоучету ответственно, нужно применять только «фирменные», сертифицированные гильзы. При использовании самоделок нельзя быть уверенным в точности измерения температуры теплоносителя.

Суммируя вышесказанное, формулируем еще несколько правил:

- для монтажа термопреобразователей нужно использовать сертифицированные гильзы;
- длина и внутренний диаметр гильзы должны соответствовать длине и наружному диаметру погружной части термопреобразователя;
- между термопреобразователем и стенками гильзы не должно быть воздушной прослойки, поэтому перед установкой термометра в гильзу обязательно должно быть залито масло.

Кроме того, термопреобразователь должен быть надежно зафиксирован в гильзе и опломбирован так, чтобы исключить возможность его полной или частичной выемки.

#### **Подключение к тепловычислителю**

Когда термопреобразователи смонтированы, их нужно подключить к вычислителю. Приходилось видеть, как для этой цели используют «отходы кабельного производства», наверное, стремясь сэкономить, но в итоге больше платят за тепло. Вспомним: теплосчетчик определяет температуру, измеряя электрическое сопротивление чувствительного элемента термопреобразователя. Но ведь к этому сопротивлению добавляется электрическое сопротивление проводников кабеля! Чем кабель «хуже», чем его сопротивление больше – тем сильнее его влияние на результаты измерений температуры. По этой же причине не стоит использовать чрезмерно длинные кабели, сматы-

вая «ненужную» часть в бухты, так как чем больше длина, тем больше сопротивление.

В начале статьи мы упомянули о том, что термопреобразователи бывают 100- и 500-Омные. Очевидно, что на измерения 500-Омным термометром кабель влияет в меньшей степени, поскольку его сопротивление составляет от этих 500 Ом «меньший процент», чем от 100.

Впрочем, разработчики термопреобразователей «защитились» от влияния сопротивления кабеля, придумав так называемую четырехпроводную схему подключения. Под крышкой клеммной головки термометра находится именно 4 контакта. Если использовать их все, кабель для вычислителя станет «невидим», его электрическое сопротивление будет скомпенсировано. К сожалению, «экономные» монтажники порой все равно используют двужильный кабель, а на другие две клеммы ставят перемычки. Таким образом уничтожается и замысел разработчиков, и точность измерений, особенно при применении кабеля длинного, с малым сечением жил и(или) просто некачественного, то есть обладающего большим электрическим сопротивлением.

А двухпроводное соединение штатно применяется обычно лишь для 500-Омных термометров с коротким (1–1,5 м) кабелем. Такие приборы используются, например, в составе квартирных теплосчетчиков.

#### **Измерение должно быть безошибочным**

Мы довольно подробно и уже не на совсем начальном уровне рассмотрели вопросы, связанные с измерениями температуры теплоносителя. Из вышесказанного нужно, прежде всего, запомнить следующее:

- в составе теплосчетчика используются не термодары, а согласованные пары (комплекты) термопреобразователей сопротивления;
- термопреобразователи должны быть правильно подобраны по длине;
- эти приборы должны быть правильно смонтированы и правильно подключены к вычислителю.

Закрывать глаза на всевозможные мелочи и огрехи не стоит: ошибки в измерениях температуры ведут к ошибкам в учете тепла. А это – ваши деньги. □

[www.teplotpunkt.ru](http://www.teplotpunkt.ru)  
[www.diamer.ru](http://www.diamer.ru)