

ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРИБОРНОГО УЧЕТА ТЕПЛА

Мы не раз уже писали о том, что проблемы приборного учета тепла таятся, на самом деле, не там, где их обычно пытаются найти [1,2]. Говорили мы и то, что маркетологи фирм-производителей теплосчетчиков, маскируя недоработки своей продукции, создают в сознании потребителей именно те представления о приборах учета, которые выгодны им самим [3, 4]. А теперь давайте попробуем определить и разложить по полочкам те факторы, которые действительно определяют и качество теплосчетчика, и качество (или достоверность) учета.

Начнем с азов. Итак, **учет** (в широком смысле) — это деятельность, сущность которой состоит в фиксации состояния и параметров чего-либо, сборе и накоплении сведений об этом «чем-либо», отражении этих сведений в учетных ведомостях. Соответственно, когда мы говорим об учете тепла и теплоносителя, то собираются, накапливаются и представляются в установленной (удобной для восприятия и дальнейшей обработки) форме сведения о состоянии и параметрах систем теплоснабжения. Результаты учета используются для осуществления финансовых расчетов между поставщиками и потребителями тепла и для проведения мероприятий по рационализации использования энергии и энергоресурсов, о чем говорится в пункте 1.2 Правил учета тепловой энергии и теплоносителя [5].

Учет тепла и теплоносителя в наше время осуществляется при помощи приборов. **Прибор учета** — это прибор, выполняющий одну или несколько функций измерения, накопления, хранения, отображения информации о потребленной тепловой энергии и параметрах теплоносителя [5, «Термины и определения»]. Комплект таких приборов и устройств, реализующий весь комплекс необходимых функций, составляет **узел учета** [там же]. Трубопроводную арматуру — затворы, краны, фильтры, обратные клапаны и т. п. — также можно считать входящей в состав узла учета, т. к. по сути она обеспечивает работоспособность приборов учета, а значит обеспечивает собственно учет.

Как следует из вышеприведенных определений, узел учета должен включать в себя расходомеры, термометры, манометры (т. е. средства измерений), некие интеграторы и запоминающие устройства (накопления и хранения информации),

табло, принтеры, самописцы (отображение информации). Часть этого комплекта, предназначенную именно для измерений, Правила учета предлагают называть **теплосчетчиком** [5, «Термины и определения»]. Однако в современном понимании теплосчетчик не только измеряет, но и накапливает, и хранит информацию, отображает ее на встроенном табло, а также выводит (передает) на внешние устройства — принтеры, накопители, контроллеры или компьютеры.

Конструктивно теплосчетчик состоит из **измерительных преобразователей** расхода, температуры и давления теплоносителя и **тепловычислителя**, который на основе информации, получаемой от преобразователей, измеряет (или, если это понятней, рассчитывает) тепловую энергию. Также именно вычислитель реализует все «неизмерительные» функции теплосчетчика: накопление, хранение, отображение, вывод информации.

Отметим, что измерительные преобразователи параметров теплоносителя могут быть «самостоятельными» средствами измерений, т. е. их можно применять отдельно или в комплекте с другими вычислителями и контроллерами, а могут являться неотъемлемой частью теплосчетчика. В последнем случае теплосчетчик принято называть **«единым»**, в первом — **«комбинированным»**.

А теперь, когда основные понятия приборного учета тепла нами изучены, перейдем к рассмотрению основной темы нашей статьи. Итак, перед нами некий абстрактный теплосчетчик, и мы пытаемся логически определить, что при его применении может повлиять на качество (или достоверность) учета.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Очевидно, что о достоверном учете можно говорить только тогда, когда в основе его лежат точные измерения. Измерению в целях учета тепла подлежат:

- расход (а точнее — объем и/или масса) теплоносителя, прошедшего через систему теплоснабжения за определенный интервал времени;
- температура теплоносителя на входе и выходе системы теплоснабжения;
- давление теплоносителя на входе и выходе системы теплоснабжения.

Не углубляясь в метрологию, отметим, что точно знать давление, грубо говоря, не так важно. Поэтому Правилами учета [5] допускается не измерять давление

на объектах с тепловой нагрузкой ниже 0,5 Гкал/час., а использовать некие его постоянные — «договорные» или «проектные» — значения. Понятно, что после этого отношение к датчикам давления в составе теплосчетчиков у большинства потребителей, да и производителей, довольно пренебрежительное. Даже когда эти датчики нужны, используют недорогие модели не с самыми выдающимися метрологическими характеристиками и не с самыми высокими показателями надежности. В рамках данной статьи мы не будем рассматривать, как именно неточный, неисправный или отсутствующий датчик давления влияет на достоверность учета. Перфекционистов и просто любознательных отошлем к одной из серьезных работ на эту тему [6]. А сами перейдем к измерению температуры.

Здесь уже всем очевидно: точность измерений температуры заметно влияет на точность измерений тепловой энергии и, в итоге, на качество учета. Это видно и по формуле для тепловой энергии, которую в упрощенном виде порой записывают так: $Q = M_1(t_1 - t_2)$, где M_1 — масса теплоносителя, прошедшего через систему теплоснабжения, t_1 и t_2 — температура теплоносителя на входе и выходе системы.

Это понятно и «умозрительно» — чем горячее теплоноситель на входе и чем холоднее он на выходе, тем больше тепла мы потребили и тем больше нам за это тепло платить. Но вот в чем загвоздка — в реальном узле учета у нас практически нет возможности проверить, насколько точны измерения температуры. И если неправильно смонтированный расходомер во многих случаях «выдаст» себя показаниями, то показаниям неправильно смонтированных термопреобразователей обычно верят за отсутствием критериев проверки достоверности показаний. И, видимо, как раз поэтому монтируют их неправильно или небрежно просто сплошь и рядом. Но о монтаже мы здесь еще поговорим, а интересующимся вопросами измерения температуры при учете тепла порекомендуем одну давнюю, но не потерявшую актуальности, статью [7].

Теперь о преобразователях расхода или расходомерах. Можно сказать, что они — самый «ответственный» элемент теплосчетчика. Это следует и из приведенной выше формулы, это объясняется и тем, что показания расходомеров достаточно просто анализируются, и их недостоверность выявляется. Если вы изучите сбор-

ники докладов различных конференций по теплоучету и просмотрите интернет-форумы на ту же тему, то довольно быстро убедитесь, что там обсуждают в основном расходомеры. А если проанализируете состав множества внесенных в реестр средств измерений комбинированных теплосчетчиков, то обнаружите, что термопреобразователи и датчики давления во многих из этих «комплектов» используются одни и те же, а вот преобразователи расхода — разные.

С учетом вышесказанного о «пренебрежении» потребителей к измерениям температур и давлений ясно, почему именно на тип и марку преобразователей расхода делается упор при рекламе теплосчетчиков. Широкий диапазон и высокая точность измерений именно расхода — вот основной «рекламный» параметр теплосчетчика!

Мы ни коим образом не подвергаем сомнению тот факт, что качество измерительных преобразователей оказывает прямое влияние на качество учета. Но мы хотели бы отметить одну очень важную вещь: качество преобразователя не определяется целиком и полностью значением предельной погрешности измерений, указанным в его паспорте. Эта погрешность определяется в лабораторных, читай — идеальных — условиях; для расходомеров это обычно делается, к тому же, при «комнатной» температуре воды, тогда как в узле учета и условия иные, и температура в разы выше. И если вы на самом деле заинтересованы в точности учета, то при выборе приборов ориентируйтесь не на рекламу, а на качество технической документации, которое является показателем отношения производителя к собственной продукции.

В документации должны быть подробно описаны условия применения преобразователей, перечислены факторы, влияющие на точность измерений, а погрешности должны быть, как минимум, правильно названы. Дело в том, что некоторые производители «не различают» погрешности измерений и погрешности средств измерений, называют основную относительную погрешность измерений параметра классом точности, отождествляют погрешность измерений расхода с погрешностями измерения объема и массы и т. п.

Чаще всего для преобразователей указывают только основную относительную погрешность измерений и скрывают информацию о дополнительных погрешностях, которые в реальных условиях могут «перекрывать» эту паспортную характеристику. И случается, что приборы, имеющие высокие метрологические свойства «на бумаге», в узле учета этих свойств не подтверждают.

Поэтому, выбирая приборы для организации достоверного учета, следует в большей степени ориентироваться на опыт и результаты всевозможных исследований, чем на рекламные заявления производителей. Последние же стоит «пропускать через фильтр» здравого смысла, отсеивая те, что направлены на людей, не разбирающихся в метрологии и ни разу не бывавших в узлах учета.

ТЕПЛОВЫЧИСЛИТЕЛЬ

Измерительные преобразователи — это, если можно так выразиться, средства измерений «в чистом виде». Если в их работоспособности возникают какие-либо сомнения, то их можно тут же подвергнуть процедуре метрологической поверки методом, имитирующим реальное применение, и установить истину (с учетом вышесказанного об условиях эксплуатации и возможных дополнительных погрешностях, разумеется).

Иное дело — тепловычислитель. Он включает в себя несколько различных приборов и устройств. В первую очередь это средство измерений, осуществляющее косвенные измерения тепловой энергии и имеющее, как и всякое средство измерений, нормированные метрологические характеристики. Штука в том, что измерения в вычислителе реализованы программно, и его поверка обычно не выявляет ни ошибок в применяемых алгоритмах, ни банальных ошибок программистов. И уж совсем никак поверка не затрагивает такую функцию вычислителя, как накопление данных, ибо эта функция отношения к метрологии не имеет. А вот на достоверность учета влияет непосредственно, т. к. учет — это, в общем-то, и есть формирование отчетных ведомостей на основе электронных архивов теплосчетчика. Достаточно подробно о проблемах тепловычислителей рассказывается в статье [8], а здесь мы хотим удивить читателя следующим тезисом. Учет при помощи теплосчетчика, в состав которого входят действительно точные и надежные преобразователи расхода, температуры и давления, может оказаться абсолютно недостоверным из-за ошибок в программном обеспечении тепловычислителя. Причем ошибки эти могут быть как «системными», т. е. заложенными в алгоритмы, так и «случайными», т. е. допущенными при написании программ по «правильным» алгоритмам. В подавляющем большинстве случаев ни те, ни другие ошибки не выявляются ни при внутрифирменных, ни при государственных испытаниях теплосчетчика, остаются они и вне зоны внимания при метрологической поверке. Единственный способ обнаружить такие ошибки — это анализировать отчетные ведомости (архивы) теплосчетчика. Один из методов такого анализа разра-

ботан и применяется главным метрологом ТГК-1 А. Г. Лупеем; небольшой «мастер-класс» по нему можно найти на форумах сайта «Теплопункт» (www.teplopunkt.ru).

МОНТАЖ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОСЧЕТЧИКА

Выше мы подтвердили общеизвестное мнение о том, что на точность учета прямое влияние оказывает качество (т. е. метрологические характеристики и надежность) применяемых средств измерений. При этом мы порекомендовали критически относиться к рекламным заявлениям производителей и больше внимания обращать на результаты всевозможных исследований, испытаний, тестов приборов учета. Особенно важно это в отношении тепловычислителей и реализуемых ими функций накопления (архивирования), которые не являются метрологическими, но оказывают решающее влияние на достоверность учета.

В своих рассуждениях мы вскользь коснулись вопроса правильного монтажа элементов теплосчетчика, заметив, что, например, термопреобразователи очень часто монтируются неправильно и небрежно. В общем-то, то же самое можно сказать и о расходомерах, и о датчиках давления; но последние, как было отмечено, оказывают на результаты измерений и учета «малое» влияние, а неправильный монтаж расходомера часто проявляет себя сразу и потому может быть исправлен.

Иное дело — термопреобразователь. Можно выделить как минимум три фактора, влияющих на его работу, но обделенных вниманием как тех, кто монтирует, так и тех, кто эксплуатирует теплосчетчик. Вот эти факторы.

1. Соединение термопреобразователя с вычислителем. Для большинства ныне применяющихся термопреобразователей (речь о термопреобразователях сопротивления) предусмотрено так называемое четырехпроводное соединение: оно обеспечивает исключение влияния сопротивления проводов на результат измерений. Монтажники экономят силы и средства и подключают преобразователь двумя проводами. Результат тем хуже, чем длиннее кабель, т. е. чем больше расстояние от термометра до вычислителя. А проверить, сколько проводов используется, можно только до того, как приборы опломбированы.

2. Характеристики гильзы. Как правило, термопреобразователь монтируется в защитную гильзу. Защита оборачивается тем, что преобразователь изолирован от среды, температуру которой он измеряет. Очевидно, что поверять-сертифицировать термопреобразователи правильной было бы именно в комплекте с гильзой. На деле же чаще используются дешевые «самодельные» гильзы, изготовленные из неизвестного металла и имеющие стенки неопределенной толщины. А уж заполнять

гильзы маслом, как того требуют инструкции, далеко не все и не всегда удаются. Результат? Да он примерно такой же, как если бы доктор измерял температуру вашего тела градусником, не вынимая его из футляра.

3. Положение термопреобразователя в трубопроводе. Если продолжать аналогии с медицинским термометром, то его обычно «ставят» так, чтобы чувствительный элемент был «окружен телом», а не «обдувался воздухом». Так и чувствительный элемент нашего термопреобразователя должен находиться «в потоке», как правило — в центре, трубопровода. На практике же порой используют термопреобразователи, длина которых не соответствует диаметру трубопровода. И чувствительный элемент находится у стенки трубы, а стенка, разумеется, охлаждается наружным воздухом. Или же преобразователь «недовернут» в гильзу, гильза не заполнена маслом, поэтому в нее поступает наружный воздух, температуру которого мы в этом случае и измеряем.

Итак, качество приборов должно подкрепляться качеством их монтажа. В противном случае ни о каком достоверном учете говорить не приходится. А при монтаже и при приеме узлов учета в эксплуатацию обращать внимание следует не только на крупные предметы типа расходомеров, но и на такие мелочи, как термопреобразователи и датчики давления.

СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОСЧЕТЧИКА

Собственно, соединение элементов можно было бы отнести к монтажу. Но мы решили выделить его особо, т. к. именно соединение — это то, на что внимание часто не обращают даже опытные монтажники и эксплуатационники. Речь идет о кабельных соединениях.

Как правило, даже единый теплосчетчик поставляется как набор преобразователей и, в ряде случаев, монтажной арматуры. Кабель приобретается отдельно. И уж точно отдельно он приобретается и самостоятельно нарезается монтажниками в случае комбинированного теплосчетчика. Хорошо, если в документации на приборы указано, каким именно кабелем (марка, сечение жил и т. п.) они должны подключаться (соединяться) и как должны прокладываться. Еще лучше, если этим указаниям следуют. И, напротив, очень плохо, когда берется кабель «из того, что было» или кабель «подешевле», концы проводов второпях зачищаются, не облуживаются, скручиваются грязными пальцами, небрежно вставляются и неаккуратно зажимаются в «клеммниках» преобразователей и вычислителей, кабели бросаются на пол или подвешиваются к трубам. Окисление контактов, высокое сопротивление проводников, отсутствие

экрана, электромагнитные «наводки» — результатом любого из этих явлений будет искажение результатов учета, иногда — значительное. Поэтому стоит только приветствовать тех производителей теплосчетчиков, которые считают кабели связи датчиков с вычислителем таким же неотъемлемым элементом теплосчетчика, как и сами преобразователи и вычислитель, и поставляют его «в сборе», с разъемами, которые на объекте остаются только «примкнуть» и затянуть фиксирующие элементы. А вот то, как кабели проложены, производитель проследить, конечно же, не сможет, и уделять этому внимание должен тот, кто монтирует, и тот, кто принимает узлы учета.

НАСТРОЙКА ТЕПЛОСЧЕТЧИКА

Наконец, последний в рамках данной статьи фактор качества учета — грамотная настройка теплосчетчика (вычислителя). Дело в том, что в России наибольшее распространение получили вычислители, настраиваемые или программируемые (используется и такой термин) «пользователем», т.е. персоналом проектно-монтажной организации. Такие приборы удобны тем, что их можно производить или запасать на склад, а затем применять в системе учета любой конфигурации и с преобразователями различных типов. Но плата за удобство — квалификация тех, кто настраивает, а ее, квалификации, порой не хватает. Таких грубых ошибок, как неправильный ввод «веса импульса» преобразователя расхода, обычно удается избежать. Опять же, такая ошибка быстро обнаруживается, т. к. вес импульса обычно кратен 10, а завышение или занижение результатов измерений расхода в 10, 100 или 1 000 раз бросается в глаза сразу. Зато практические незаметны ошибки программирования характеристики термопреобразователей (W100) и, главное, ошибки программирования схемы или формулы расчета тепловой энергии. В ряде случаев достоверность учета может пострадать и из-за того, что бездумно или безответственно заданы критерии обнаружения «нештатных» ситуаций [9].

Итак, мы рассмотрели факторы, влияющие на достоверность учета. И если усилиями производителей приборов учета и некоторых популярных исследователей на слуху в основном такие проблемы, как «несанкционированный доступ» (он же «взлом») и фальсификация результатов учета, да «несоответствие некоторых типов расходомеров современным требованиям», то мы считаем, что достоверность приборного учета тепла определяется следующими моментами:

1) соответствие метрологических характеристик приборов в условиях эксплуатации паспортным данным;

2) корректная реализация «неметрологических» (учетных) функций приборов;

3) грамотный подбор и качественный монтаж элементов теплосчетчика;

4) качественное соединение элементов теплосчетчика;

5) грамотная настройка («программирование») тепловычислителя.

Другими словами, достоверный учет недостижим при использовании некачественных средств измерений; качественные средства не обеспечат достоверный учет при некорректной реализации неметрологических функций приборов; в целом качественный теплосчетчик не будет работать, будучи неправильно смонтированным, подключенным, настроенным. И особенно важно то, что все условия организации достоверного учета могут быть обеспечены безо всякого вмешательства свыше и ссылок на что-либо и кого-либо — теми, кто выбирает, проектирует, монтирует, настраивает приборы учета. ●

Д. Л. АНИСИМОВ, зам. директора ООО «Диаметр», Екатеринбург

Литература

1. Анисимов Д. Л. «Теплосчетчики: о фальсификациях и спекуляциях». Сборник трудов 18 Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», СПб, 2003 г.
2. Анисимов Д. Л. «Еще раз о спекуляциях на фальсификациях и о защите наших приборов учета от нас самих». Сборник трудов 19 Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», СПб, 2004 г.
3. Анисимов Д. Л. «Приборы учета тепла: маркетинг против метрологии». // «Новости теплоснабжения», № 2, 2007 г.
4. Анисимов Д. Л. «О ненужных и избыточных функциях приборов учета воды и тепла». // «СтройПРОФИль», №2/1, 2008 г.
5. «Правила учета тепловой энергии и теплоносителя». / П-683 Главгосэнергонадзор. — М.: Изд-во МЭИ, 1995 г.
6. Шорников Е.А. «Погрешности вычисления массы и теплоты от неучета давления воды в теплосчетчиках». Сборник трудов 11 Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», СПб, 2000 г.
7. Лачков В. И. «Некоторые аспекты измерений температуры при учете энергоносителей». Сборник трудов 11 Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», СПб, 2000 г.
8. Анисимов Д. Л. «Скрытые ошибки учета». Сборник трудов 26 Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», СПб, 2007 г.
9. Анисимов Д. Л. «О диагностических функциях приборов учета». // «Энергонадзор-информ», № 2, 2008 г.