

АННОТАЦИЯ

В статье сделан обзор конструктивных особенностей основных типов приборов, которые используются в настоящее время в системах теплоснабжения республики, и дан краткий анализ проблем приборного учёта тепловой энергии.

ANNOTATION

The article provides an overview of the design features of the main types of devices currently use in Republic Belarus district heating systems, and a brief analysis of heat energy metering problems.

Опыт внедрения и эксплуатации теплосчётчиков в системах теплоснабжения

В. А. Седнин, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой, Т. А. Петровская, ст. преподаватель, Н. С. Раковская, студентка, кафедра «Промышленная энергетика и теплотехника», Белорусский национальный технический университет, Е. В. Кременецкий, начальник абонентской службы УП «Минсккоммунтеплосеть»

Одним из первых мероприятий в области повышения эффективности использования тепловой энергии в Республике Беларусь была установка счётчиков тепловой энергии на теплоисточниках и у теплопотребителей. На сегодняшний день все котельные и теплоэлектроцентрали, промышленные теплопотребители и большинство зданий административного, социального назначения и жилого сектора оснащены устройствами учёта производства и потребления тепловой энергии. В республике накоплен значительный опыт в области установки и эксплуатации указанных приборов. Пришло время сделать новый качественный шаг в области учёта тепловой энергии, используя информацию, получаемую с теплосчётчиков в качестве инструментария для диагностики теплоэнергетического оборудования и тепловых сетей. В частности, для определения тепловых потерь в тепловых сетях [1]. Но при этом важно оценить накопленный опыт эксплуатации теплосчётчиков и уточнить проблемы, которые необходимо решить в этой области.

В статье сделан обзор конструктивных особенностей основных типов приборов, которые используются в настоящее время в системах теплоснабжения республики, и дан краткий анализ проблем приборного учёта тепловой энергии.

Основной парк приборов и принципы работы теплосчётчиков, применяемых в системах теплоснабжения

Современный теплосчётчик — это прибор или чаще комплект приборов для учёта тепловой энергии, включающий в себя первичные преобразователи (датчики расхода, температуры и давления воды) и микропроцессорный вычислитель. Функцией первичных преобразователей является измерение и преобразование измеряемых физических величин (расход, температура, давление) в нормированные электрические сигналы, передаваемые в вычислитель. Последний по полученным сигналам фиксирует текущий расход и температуру теплоносителя и производит расчёт интегрального во времени расхода теплоносителя, текущего и интегрального во времени потребления тепловой энергии. Как правило, вычислитель обладает дополнительными функциями: архивация показаний, диагностика неисправностей, наличие интерфейса для передачи данных. В зависимости от схемы измерения тепловой энергии используется различный состав первичных преобразователей [2–4]. По принципу измерения расхода теплоносителя входящие в состав теплосчётчика преобразователи расхода делятся на электромагнитные, ультразвуковые, вихревые и тахометрические (механические).

Принцип работы преобразователя электромагнитного типа (рис. 1) основан на явлении электромагнитной индукции. При прохождении жидкой среды через магнитное поле в ней, как в движущемся проводнике, наводится электродвижущая сила (ЭДС), пропорциональная скорости жидкости. ЭДС снимается двумя электродами, расположенными диаметрально противоположно в одном поперечном сечении трубы

заподлицо с её внутренней поверхностью. Теплосчётчики этого типа обладают широким диапазоном измерения расхода, не имеют движущихся механических частей, не чувствительны к загрязнениям и не оказывают гидравлического сопротивления потоку жидкости.

Принцип действия преобразователя расхода вихревого типа основан на измерении частоты отрыва вихрей от турбулизатора, выполненного в виде трапециевидальной призмы и помещённого в поток жидкости, протекающей по трубопроводу (рис. 2). Вихри, следующие в потоке жидкости, регистрируются электродом, находящимся в поле постоянного магнита. Частота следования вихрей по каналу преобразователя прямо пропорциональна расходу жидкости, статическая характеристика преобразования описывается линейной функцией.

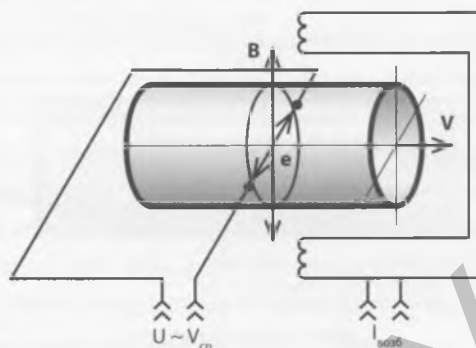
Существенным недостатком является то, что работа преобразователя расхода этого типа зависит от степени турбулентности течения жидкости, а диапазон его возможностей по измерению расхода теплоносителя меньше диапазона расходов, измеряемых с помощью преобразователей расхода электромагнитного типа [3].

Принцип действия преобразователя ультразвукового типа представлен на рис. 3. Пьезоэлектрические преобразователи ПЭП1 и ПЭП2 работают попеременно в режиме приёмник-излучатель.

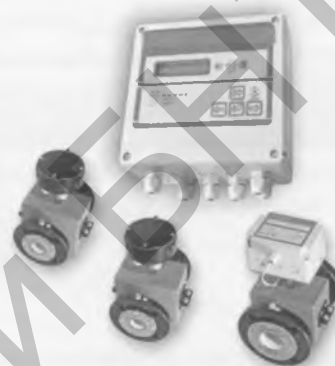
Скорость распространения ультразвукового сигнала в воде, заполняющей трубопровод, представляет собой сумму скоростей ультразвука в неподвижной воде и потока в проекции на рассматриваемое направление распространения ультразвука. Время распространения ультразвукового импульса от ПЭП1 к ПЭП2 и от ПЭП2 к ПЭП1 зависит от скорости движения воды.

Существует много разновидностей ультразвуковых счётчиков: временные и частотные, корреляционные, доплеровские. Эти счётчики замечательно работают при измерении расхода практически чистой и однородной жидкости. Но при прохождении жидкостей, имеющих инородные включения (окалина, части накипи, песок, воздушные пузырьки), и при переменчивом расходе они могут давать существенные отклонения в показаниях [5].

Теплосчётчики с ультразвуковыми преобразователями расхода наиболее удобно применять в переносных приборах, служащих для экспресс-измерений, так как проведение измерения расхода ультразвуковым методом не требует нарушения целостности трубопровода.

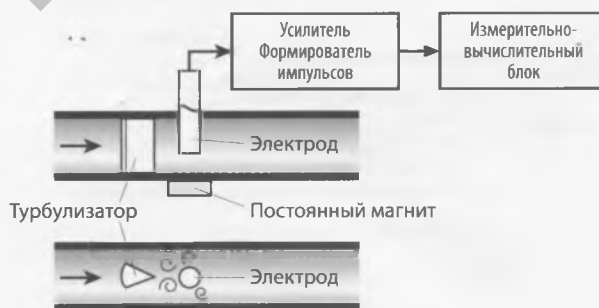


Принципиальная схема



Общий вид

Рис. 1. Преобразователь расхода электромагнитного типа



Принципиальная схема



Общий вид

Рис. 2. Преобразователь расхода вихревого типа



Рис. 3. Преобразователь расхода ультразвукового типа



Рис. 4. Преобразователь расхода тахометрического типа

У преобразователей расхода *тахометрического типа* (крыльчатые, турбинные, винтовые) основным узлом является турбинка или крыльчатка, скорость вращения которой зависит от скорости потока жидкости (рис. 4). Число оборотов лопастного устройства пропорционально объёму протекающей жидкости, а показания счётного устройства приводятся с помощью масштабирующего редуктора к показаниям в единицах объёма. При работе тахометрических преобразователей с измерительно-вычислительным блоком теплосчётчика у каждого из них имеется дополнительный импульсный выход, сигнал с которого поступает на вычислитель.

Теплосчётчики с тахометрическими преобразователями в последнее время применяются достаточно редко в связи с тем, что наличие подвижного механизма, размещаемого в потоке теплоносителя, отрицательно сказывается на надёжности и долговечности прибора.

В настоящее время наиболее распространёнными в системах теплоснабжения являются теплосчётчики, оснащённые преобразователями расхода электромагнитного и ультразвукового типов.

Большинство современных приборов выпускаются в ряде модификаций, что позволяет при одинаковом интерфейсе пользователя варьировать возможности и, соответственно, цену. Для автоматизации сбора показаний с теплосчётчиков предлагаются к использованию системы передачи данных с различными модемами и многофункциональными программами для диспетчерских станций.

Проблемы и предложения

Проблемы учёта в технике обычно разделяют на измерительные (задачи измерения физических величин), процедурные (задачи обработки результатов измерения), информационные (задачи сбора и обмена данными) и эволюционные (задачи развития средств и систем учёта). Для современного состояния в области учёта тепловой энергии характерно наличие задач, требующих решения во всех упомянутых группах проблем. Отметим некоторые из них.

Среди технических проблем учёта тепловой энергии и теплоносителей на теплоисточниках на первом месте остаётся проблема измерения расхода сетевой воды в трубах диаметром от 400 до 1500 мм при скорости потоков в зависимости от назначения трубопровода, сезона и времени суток от 0,1 до 3,0 м/с [6]. Поэтому на практике часто продолжают использовать проверенные временем сужающие устройства (СУ). У них есть свои

недостатки (сравнительно небольшой динамический диапазон измерений, потеря давления на СУ, большие длины прямых участков перед СУ и трудоёмкость поверки), но в тех случаях, когда эти недостатки не мешают их применению, использование находящихся в эксплуатации СУ остаётся целесообразным.

Отсутствие проливных установок на большие расходы воды не даёт возможности на практике проверить правильность теоретических выводов приборостроителей о качестве имитационных методов первичной и периодической поверок расходомеров для труб больших диаметров. Сейчас сложилась явно парадоксальная ситуация: расходомеры для труб небольшого диаметра практически все проливаются при первичной и периодической поверках, а расходомеры, измеряющие расходы большие в сотни и тысячи раз, не проливаются и не имеют реального, установленного опытным путём, подтверждения объявленных метрологических характеристик [6].

Для определения требований к метрологическому обеспечению теплосчётчиков необходимо оценить их основные особенности. При выборе метрологических характеристик расходомера для теплосчётчиков обычно стремятся применять расходомер, обладающий наиболее высокой точностью. Однако это не всегда оправдано. При измерении тепловой энергии, потребляемой на обогрев помещения, необходимо знать, кроме объёмного расхода теплоносителя, его плотность, разность температур на входе и выходе теплопровода, рабочее давление в трубопроводе. В расчётную формулу входит также теплоёмкость, которая известна для данного химического состава теплоносителя с невысокой достоверностью. Погрешность результата вычисления тепловой энергии даже при абсолютно точном измерении объёмного расхода составляет не менее 3–5 %. Очевидно, что при такой точности определения тепловой энергии расход теплоносителя достаточно измерять с погрешностью 1–2 %. При этом точность измерения тепловой энергии практически не снизится. Применение расходомера более высокой точности приводит лишь к дополнительным финансовым затратам из-за сложности изготовления прибора и его метрологического обеспечения.

Первичные преобразователи расхода должны быть нечувствительны к изменению гидравлических режимов течения (числа Рейнольдса), особенно при значениях, характеризующих область перехода между ламинарным и турбулентным потоками. Некоторые производители расходомеров, допуская нелинейность характеристики

первичного преобразователя расхода, корректируют её в измерительном устройстве программными средствами, что нежелательно, поскольку на объекте эксплуатации прибора свойства измеряемой среды могут отклоняться от условий градуировки прибора. Для теплосчётчиков несложно предусмотреть программу автоматической корректировки градуировочной характеристики в зависимости от температуры измеряемой среды, поскольку информация о температуре имеется в приборе, однако не учитывается, что вязкость среды зависит не только от температуры, но и от её химического состава [5].

В настоящее время в Государственном реестре средств измерений Республики Беларусь имеется большое количество отечественных и зарубежных теплосчётчиков [2], накопился определённый опыт эксплуатации приборов учёта тепловой энергии на предприятиях теплоснабжения республики, который выявил ряд нерешённых в полной мере проблем [2–6]:

- ♦ значительные затраты средств на обслуживание приборов;
- ♦ при проектировании приборы выбираются под максимальную тепловую нагрузку, а эксплуатируются в широком диапазоне её изменения, при этом не учитывается характеристика изменения погрешности прибора;
- ♦ поверка приборов проводится в большинстве случаев на холодном теплоносителе, практически отсутствует возможность поверки приборов с диаметром условного прохода 200 мм и выше, методики поверки разрабатываются самими производителями, в ряде случаев они не соответствуют условиям эксплуатации;
- ♦ отсутствует статистика изменения характеристик приборов в межповерочный период;
- ♦ отсутствует правовая база для проверки характеристик и работоспособности приборов надзорными органами и теплоснабжающими организациями;
- ♦ определение расхода тепловой энергии, передаваемой по тепловым сетям от теплоисточника к теплопотребителю, производится без учёта погрешности теплосчётчиков, что приводит к некорректному сведению балансов выработки и отпуска тепловой энергии и определению тепловых потерь в теплопроводах;
- ♦ теплосчётчики конкретной системы теплоснабжения не объединяются в единую информационную

сеть, что не позволяет осуществлять оперативный сбор и передачу данных общесистемных параметров;

- ◆ отсутствуют унифицированные требования к интерфейсу приборов для передачи данных в системах АСКУЭ и АСУ ТП;
- ◆ не реализуется возможность автоматической синхронизации внутренних часов теплосчётчика со службой единого времени;
- ◆ отсутствуют эффективные методы определения тепловых потерь в тепловых сетях в период их эксплуатации по показателям теплосчётчиков.

В части метрологического обеспечения следует выделить следующие предложения:

- ◆ погрешность измерения расхода тепловой энергии не должна превышать 2–5 %, при этом точность должна повышаться с увеличением диаметра трубопровода (измеряемого расхода теплоносителя), на котором устанавливается прибор;
- ◆ в технических данных теплосчётчика должна отражаться информация влияния на погрешность прибора гидравлического режима потока теплоносителя: если погрешность прибора зависит от числа Рейнольдса, то расход тепловой энергии должен отражаться с интегральной ошибкой;
- ◆ теплосчётчик, имеющий несколько расходомерных измерительных каналов, должен поверяться при одновременном функционировании этих каналов;
- ◆ расходомер должен быть «готовым к употреблению» средством измерения, без индивидуальной градуировки и настройки непосредственно на объекте.

Следует также отметить, что специалисты, обслуживающие приборный парк теплосчётчиков в нашей республике, имеют определённые претензии и к конструктивам приборов.

Представленный материал не претендует на абсолютную глубину анализа сложившейся ситуации в области учёта тепловой энергии. Авторы посчитали необходимым обратить внимание на имеющие место несовершенства в этой сфере, так или иначе касающиеся большинства граждан, и, возможно, организовать дискуссию специалистов по затронутым вопросам.

Выводы

Опыт внедрения и эксплуатации теплосчётчиков в системах теплоснабжения показал, что, кроме положительных факторов в части повышения эффективности использования тепловой энергии, в сфере учёта производства и потребления тепловой энергии существует целый ряд проблем, требующих решения. Среди них можно выделить как несовершенство приборного оснащения (малый межповерочный срок, условия поверки часто не соответствуют условиям эксплуатации приборов, значительные затраты на обслуживание, отсутствие унифицированного интерфейса и т. п.), так и метрологического обеспечения, которое в конечном счёте не позволяет учитывать суммарные погрешности измерений в конкретных системах теплоснабжения и объективно оценивать эффективность функционирования последних.

Литература

1. Никитин, Е. Е. Определение тепловых потерь в тепловых сетях по показаниям приборов учёта тепловой энергии / Е. Е. Никитин, Ю. В. Кузьменко, Е. А. Зайцева, Т. Н. Барановский // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2013. — № 1.
2. Перечень приборов учёта, рекомендованных к применению // Департамент по энергоэффективности государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — 2006. — Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/equipment/264—01032006.html>. — Дата доступа: 04.03.2012.
3. Анисимов, Д. Л. Некоторые аспекты применения теплосчётчиков в городских программах энергосбережения // Новости теплоснабжения. — 2003. — № 5.
4. Установка приборов учёта тепла // Техпромонтаж-Сервис [Электронный ресурс]. — 2009. — Режим доступа: <http://www.tpmbv.com/page/ustanovka-priborov-ucheta-tepla-tploschetchiki>. — Дата доступа: 14.03.2012.
5. Жук, А. З. Учёт и контроль тепловой энергии / А. З. Жук, Ю. Г. Калабухов // Проблемы Энергосбережения [Электронный ресурс]. — 2002. — Режим доступа: <http://www.aces.ru/problems/index.htm>. — Дата доступа: 25.03.2012.
6. Рябинин, В. Н. О проблемах учёта тепловой энергии и теплоносителей в котельных, РТС и ТЭС // Энергобезопасность в документах и фактах. — 2006. — № 5.