



практический
журнал

Главный Метролог

©
2014
4

Об испытаниях теплосчетчиков для водяных систем теплоснабжения*

М. Н. Бурдунин,
технический директор;
А. А. Варгин,
главный метролог;
ООО «ТБН энергосервис»,
г. Москва

Измерения тепловой энергии в российских водяных системах теплоснабжения (далее – ВСТ) значительно сложнее, чем, например, в странах ЕС. В российских ВСТ температура воды в штатном режиме эксплуатации может достигать 150 °С (в Москве зимой бывает до 128 °С), тогда как в странах ЕС – не более 90 °С. Однако самым существенным отличием является то, что в России законодательно [1] требуется измерять количество теплоносителя ушедшего из ВСТ. Это значит, что в открытых ВСТ необходимо измерять количество теплоносителя, отобранного на горячее водоснабжение и (или) другие нужды, а в закрытых ВСТ – утечки теплоносителя. В странах ЕС такое не практикуется.

Поэтому к конструкции теплосчетчиков для российских ВСТ должны предъявляться дополнительные требования по сравнению с требованиями для теплосчетчиков, применяемых в странах ЕС. Так в российских ВСТ средства измерений количества теплоносителя требуются и на подающем, и на обратном трубопроводах. В странах ЕС количество теплоносителя достаточно измерять только на одном из трубопроводов. К тому же в России теплосчетчики часто дополнительно должны обслуживать трубопроводы горячего (ГВС) и/или холодного (ХВС) водоснабжения, что также вносит значимый вклад в их конструкцию.

Поэтому в итоге российские теплосчетчики получаются существенно сложнее, по сравнению со своими прототипами, используемыми в странах ЕС. А поскольку

пригодность средств измерений к применению определяется по результатам их испытаний, то очевидно, что для теплосчетчиков, применяемых в российских условиях объем испытаний должен быть больше, а средства и методы испытаний сложнее, чем это установлено в нормативных документах для стран ЕС (EN 1434-4-2007 [2]). Вместе с тем, очевидно, и то, что многие позиции из [2] полностью или частично можно применять и для российских условий.

Такой важной проблеме, как испытания теплосчетчиков посвящено довольно много интересных публикаций, однако все они касались только отдельных аспектов. Поэтому авторы данной работы хотели бы в некоторой степени восполнить существующие пробелы. А именно: с самых общих позиций произвести обзор всего многообразия видов испытаний теплосчетчиков и дать свои предложения по их классификации, с тем, чтобы затем осмысленно и последовательно реализовать их на практике. В данной работе учтены вступившие в силу новые нормативных документы, в том числе, по обеспечению единства измерений.

Следует особо подчеркнуть, что суть всех испытаний теплосчетчиков (как и любых других средств измерений) заключается в проверке правильности учета воздействий влияющих величин на метрологические характеристики испытуемых теплосчетчиков. При этом под влияющей величиной подразумевается физическая величина, оказывающая значимое влияние на результаты измерений величин с помощью теплосчетчиков.

* По материалам IV Международной научно-практической конференции «Энергосбережение в системах тепло- и газоснабжения. Повышение энергетической эффективности». Информация предоставлена Центром научно-технического сотрудничества «Диалог» (журнал «Главный метролог» является информационным партнером проводимых им семинаров и конференций).

Причем, для влияющих величин, как правило, устанавливаются две области значений: нормальная и рабочая. В пределах нормальной области влияющей величины ее влиянием на результаты измерений можно пренебречь (в соответствии с установленными нормами точности). Напротив, в рабочей области влияющей величины необходимо учитывать ее воздействие на результаты измерений с помощью теплосчетчиков и (или) их показатели точности.

Таким образом, при любых видах испытаниях для теплосчетчиков, должна быть подтверждена правильность одного из трех положений:

- верно определена область нормальных значений влияющей величины (например, изменения напряжения тока питающей сети от 187 до 242 В и частоты от 49 до 51 Гц не влияют на результаты измерений);
- осуществляемые мероприятия позволяют оставлять данную влияющую величину в своей нормальной области (например, прямолинейные участки трубопровода установленной наименьшей длины до и после датчиков расхода и/или температуры позволяют уменьшить до пренебрежимо малых значений влияние на их показания возмущений потока, создаваемых местными сопротивлениями);
- определенная функция влияния (в виде формул, таблиц и т. п.) от данной влияющей величины, находящейся в рабочей области позволяет после введения поправок, уменьшить погрешность измерений параметра (расход, разность температур и т. п.) до приемлемых значений.

Подробнее о влияющих величинах при измерениях тепловой энергии и количества теплоносителя говорится в статье авторов [3].

Учитывая вышесказанное, видно, что при любых видах испытаниях необходимо определять метрологические характеристики теплосчетчиков. Поэтому данному вопросу должно уделяться повышенное внимание. И при определении методов испытаний теплосчетчиков, предназначенных для российских ВСТ, на соответствие установленным требованиям, нужно подробно проанализировать методики нормирования и определения их метрологических характеристик.

Для теплосчетчиков стран ЕС особых проблем здесь не возникает. Так в [2] исходят из того, что каждый теплосчетчик имеет только три составные части: датчик расхода, пара датчиков температуры и тепловычислитель,

и именно для них и устанавливаются все характеристики, в том числе метрологические. К тому же уравнения измерений тепловой энергии в тепловых сетях стран ЕС используются самые простые.

Для российских теплосчетчиков при некоторых видах их испытаний таких как, например, на устойчивость и (или) прочность к воздействию различных факторов (влажность и температура окружающей среды, вибрация, и т. п.) этот подход, видимо, целесообразно оставить без изменений. Тем более, что в этом случае для отдельных компонентов теплосчетчика можно назначать различные требования к условиям и видам испытаний, если предполагается их эксплуатация при различных условиях. Так, например, датчики расхода и температуры, находясь в подвале, могут подвергаться затоплениям, но при этом тепловычислители должны находиться в заведомо сухом помещении и т. п.

Однако, если речь идет только о метрологических характеристиках российских теплосчетчиков, то подход, применяемый в [2] уже не срабатывает. В российских системах теплоснабжения уравнения измерений сложнее, и кроме значения тепловой энергии требуется определять и массу ушедшего из сети теплоносителя (даже в закрытых ВСТ). Поэтому для начала важно точно установить классификацию таких теплосчетчиков и их составляющих. Согласно [4] теплосчетчики справедливо отнесены к измерительным системам, имеющим измерительные каналы (далее – каналы) параметров теплоносителя и измеряемых величин. Вместе с тем во время создания [4] еще не существовало возможностей полноценно распорядиться такой классификацией. Тогда как действующие в настоящее время нормативные документы, в том числе по обеспечению единства измерений, предоставляют уже значительно возросшие возможности для получения достоверных результатов испытаний теплосчетчиков при существенной оптимизации затрат. (Отсюда попутно встает вопрос и о радикальной переработке [4]).

Для результативной реализации возможностей отнесения российских теплосчетчиков к измерительным системам необходимо подробно рассмотреть оптимальную классификацию каналов у теплосчетчиков. Авторы считают, что для российских теплосчетчиков целесообразно функционально выделять следующие каналы измеряемых величин (т. е. физических величин, по которым

производятся коммерческие взаиморасчеты сторон договоров теплоснабжения):

- тепловой энергии теплоносителя (тепловой энергии);
- количества теплоносителя, отобранного из сети нарастающим итогом (т. е. каналы объема и/или массы теплоносителя).

Число таких каналов в теплосчетчиках устанавливаются разработчики. Кроме них в теплосчетчиках должны функционально выделяться также, и, следующие каналы: измеряемых параметров (т. е. физических величин, используемых в качестве вспомогательных при определении тепловой энергии и количества теплоносителя и/или для определения показателей качества теплоснабжения и/или показателей режимов потребления тепловой энергии):

- тепловой мощности (на источниках тепловой энергии), или тепловой нагрузки (у потребителей) равных тепловой энергии произведенной (потребленной) в единицу времени (час, сутки и т. д.), число этих каналов равно числу каналов тепловой энергии;
- объемного расхода по каждому трубопроводу ВСТ и/или систем горячего (ГВС) и/или холодного (ХВС) водоснабжения, обслуживаемых теплосчетчиком;
- давления и/или температуры по каждому трубопроводу ВСТ и/или систем ГВС (ХВС), из числа обслуживаемых теплосчетчиком, на которых установлены датчики давления (температуры), значения которые применяются:
 - 1) текущие значения – в уравнениях измерений тепловой энергии и количества теплоносителя;
 - 2) значения, усредненные за установленный интервал времени: час, сутки и т. д. – как показатели: качества теплоснабжения и/или режимов потребления тепловой энергии;

Примечание. У теплосчетчиков, предназначенных только для закрытых ВСТ, каналы давления могут отсутствовать.

- разности температур в измерительных сечениях двух трубопроводов (как правило, подающем и обратном), далее – канал разности температур;
- разности объемных расходов в измерительных сечениях двух преобразователей расхода (установленных, как правило, в подающем и обратном трубопроводах), далее – канал разности расходов;
- скорости измеряемой среды (один или несколько) для каждого трубопровода, из числа обслуживаемых теплосчетчиком,

где расход среды определяется методом «площадь–скорость»;

- плотности и энтальпии для каждого трубопровода, из числа обслуживаемых теплосчетчиком, где измеряются давление и/или температура по значениям которых и действующим нормативным документам (например, ГСССД МР 147-2008 и т. п.) определяются значения этих параметров теплоносителя;
- массового расхода, для каждого трубопровода, из числа обслуживаемых теплосчетчиком, где определяются объемный расход и плотность измеряемой среды;
- разности масс для каждой пары трубопроводов, из числа обслуживаемых теплосчетчиком открытых ВСТ и/или циркуляционных ГВС, где определяется масса теплоносителя, и/или значения разности объемных расходов и плотностей измеряемой среды.

Таким образом, при испытаниях теплосчетчиков, нужно определять метрологические характеристики их каналов. При этом удобно все вышеперечисленные каналы разделить, в соответствии с ГОСТ Р 8.596 [5], на простые и сложные. К простым каналам относятся каналы давления, температуры и объемного расхода или скорости (если объемный расход определяется методом «площадь–скорость»), поскольку с помощью теплосчетчиков в трубопроводах ВСТ и систем ГВС (ХВС) прямым измерениям подвергаются именно значения этих параметров. Далее на их основе с помощью программного обеспечения теплосчетчиков производится расчет значений остальных параметров и измеряемых величин, каналы которых по [5] относятся к сложным каналам.

В общем случае простые каналы теплосчетчиков состоят из первичных преобразователей (датчиков) измеряемых параметров (объемного расхода или скорости), давления и температуры). Затем аналоговые сигналы первичной измерительной информации попадают в соответствующие промежуточные измерительные преобразователи, где сигналы очищаются от помех, измеряются, переводятся в помехоустойчивый цифровой код (например, код RS-485 и т. п.). Далее сигналы подаются на входы сложных каналов и/или преобразуются для выдачи в виде индикации на цифровые дисплеи тепловычислителей.

Следовательно, для достоверного определения метрологических характеристик всех каналов теплосчетчиков необходимо экспериментально определить метрологические

характеристики простых каналов и провести аттестацию программного обеспечения в соответствии с ГОСТ Р 8.654 [6] и МИ 2955 [7]. При этом есть одно исключение: метрологические характеристики канала разности температур (относящегося по ГОСТ Р 8.596 к сложным) следует также определять экспериментально (с целью выявления взаимных наводок от сигналов двух каналов температуры, которые на начальном этапе составляют испытываемый канал разности температур и сигналы которых здесь аналоговые). В идеале метрологические характеристики канала разности расходов в подающем и обратном трубопроводах ВСТ и циркуляционных систем ГВС следует также определять экспериментально. Обоснования этого приведены, например, в [8, 9], однако нормативных документов закрепляющих это очевидное положение, пока еще не существует.

Экспериментальное определение погрешностей простых каналов теплосчетчиков выполняется на специальных установках воспроизводящих требуемые значения объемного расхода (или скорости) среды, давления, температуры. На них монтируются испытываемые датчики соответствующих параметров. Но при этом следует отметить, что комплектное экспериментальное определение метрологических характеристик каналов теплосчетчиков труднореализуемо. Поэтому у простых каналов и каналов разности температур, как правило, применяется поэлементное определение метрологических характеристик.

Для этого в каждый из указанных каналов теплосчетчика разбивается на элементы, у которых и определяются метрологические характеристики. Под элементом канала понимается специально выделенная часть канала, для которой показатели точности можно определять, с помощью эталонных средств измерений, подавая на вход сигнал с известным значением информативного параметра и определяя информативный параметр выходного сигнала. При этом выделение элементов канала производится так, чтобы выходной сигнал предыдущего элемента канала, воспроизведенный с помощью эталонных средств измерений, служил входным сигналом на следующий элемент канала.

Кроме того, некоторые элементы каналов выбираются так, что погрешность передачи по нему измерительного сигнала практически отсутствует (например, передача помехоустойчивого сигнала в кодах RS-485). Так, канал разности температур, может быть разделен на четыре элемента. Первый – пара

датчиков температуры, которая при испытаниях помещается в термостат, в котором воспроизводятся эталонные значения температуры, а на выходе датчиков измеряется их сопротивление, зависящее от этой температуры. Вторым элементом канала, можно считать специализированные сигнальные кабели, которые передают аналоговые сигналы от датчиков температуры до промежуточного преобразователя. Характеристики и схемы подключения этих кабелей выбираются так, чтобы их вклад в суммарную погрешность канала был пренебрежимо малым и в большинстве видов испытаний этот элемент не участвует. Третьим элементом канала является его часть, находящаяся в промежуточном преобразователе, где аналоговые сигналы преобразуются в помехоустойчивый цифровой. Четвертый элемент канала включает связующий компонент от выхода из промежуточного преобразователя до тепловычислителя и часть тепловычислителя. Здесь сигнал является помехоустойчивым и его вклад в суммарную погрешность канала пренебрежимо мал и испытание этого элемента обычно происходит совместно с третьим элементом, на входе в который с помощью двух эталонных сопротивлений имитируются требуемые значения разности температур, поступающих с пары датчиков.

Аналогично на элементы разделяются простые каналы: расхода (скорости), температуры и давления и выбираются методы испытаний их отдельных элементов. При этом следует иметь в виду, что реальные условия эксплуатации отличаются от лабораторных. И поэтому нужно оценивать воздействия влияющих величин, учитывающих эти отличия. Для этого необходимо либо определять условия, позволяющие влияющей величине находиться в нормальной области значений, либо определять функцию влияния от каждой влияющей величины и оценивать не исключенный остаток погрешности после внесения поправок.

Соответственно оценку погрешностей измерений тепловой энергии с учетом воздействий влияющих величин можно оценить по [10].

Вклад погрешности программного обеспечения (при исключении не преднамеренных и преднамеренных вмешательств) в суммарные составляющие погрешностей тепловой энергии и количества теплоносителя оказывается пренебрежимо малым. Он определяется только погрешностями элементов простых каналов и канала разности температур, по которым помехоустойчивые сигналы

поступают на входы каналов измеряемых величин, а также погрешностями округлений при выполнении математических операций. Поэтому наиболее важный этап испытаний программного обеспечения теплосчетчиков – проверка недоступности внесения в него не-санкционированных изменений.

При испытаниях теплосчетчиков авторам представляется важным кратко остановиться на анализе общих характеристик методов определения показателей точности каналов (элементов каналов).

При определении показателей точности каналов (элементов каналов): должны применяться (в соответствии с понятиями РМГ 29 [11]):

- метод сравнения с мерой, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной воспроизводимой мерой;
- метод измерений замещением, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

Примечание – Метод измерений замещением применяется, например, при поверке средств измерений расхода и количества когда воздействие на них измеряемой среды (вода) замещается (имитируется) электрическими величинами, например [12].

Метод сравнения с мерой при определении показателей точности каналов (их элементов) должен осуществляться непосредственным сравнением результатов измерений полученных с помощью испытываемых каналов и эталонных средств измерений.

Метод измерений замещением для определения показателей точности каналов теплосчетчика (их элементов) должен состоять в имитации с помощью механических и (или) электрических величин воздействий:

- потока измеряемой среды на датчики измеряемых параметров;
- датчиков измеряемой среды на следующий за ним элемент канала и далее по всем соседним элементам каналов.

Метод измерений замещением должен применяться, как правило, в случаях если:

- сравнения с мерой не возможны, например, при отсутствии поверочных установок с требуемыми диаметрами трубопроводов, и (или) диапазонами воспроизводимых расходов и влияющих величин (температуры жидкости);
- метод измерений замещением обеспечивает установленные показатели точности измерений, и, кроме того, обладает преимуществом перед методом сравнений с мерой по потребительским характеристикам: дешевизной, мобильностью

и т. п. (например, испытание датчиков температуры в термостатах, где измеряемая среда и характеристики ее движения существенно отличаются от реальных, но погрешностью такого замещения можно пренебречь).

Все значимые составляющие погрешность метода измерений замещением во всех случаях его применения должны быть оценены и учитываться при определении погрешностей измерений измеряемых величин с помощью теплосчетчиков.

Необходимо отметить также, что для возможности реализации однократных измерений отношение пределов допускаемых погрешностей эталонных и рабочих СИ должно быть не более 1:3, в противном случае необходимо применять измерения с многократными наблюдениями и с использованием статистических методов обработки данных.

При испытаниях представляется также важным качество испытательного оборудования, которое должно поддерживать контролируемые параметры условий испытаний в пределах, необходимых для определения требуемых показателей точности испытываемых каналов.

После общего анализа возможной оценки метрологических характеристик теплосчетчиков при проведении испытаний, авторам остается изложить свои предложения по классификации видов испытаний российских теплосчетчиков для ВСТ.

Все виды испытаний теплосчетчиков можно условно разделяются на проводимые преимущественно на базе и оборудовании:

- производителя;
- специализированных организаций, осуществляющих деятельность в области своей аккредитации.

У производителей теплосчетчиков проводятся преимущественно:

- а) приемо-сдаточные испытания, которые должны проводиться для всех теплосчетчиков, выпущенных из производства, как правило, в объеме первичной поверки, предусмотренной для теплосчетчиков, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;
- б) периодические испытания, при которых:
 - 1) испытаниям должны подвергаться экземпляры, выбранные случайным поиском со склада готовой продукции и прошедшие приемосдаточные испытания;
 - 2) число экземпляров, представляемых на испытания, их типоразмеры

и периодичность проведения должны устанавливаться в технических условиях на теплосчетчики конкретные типов;

- 3) перечень видов и методов испытаний должны устанавливаться на основе действующих стандартов: ГОСТ Р 52931, ГОСТ 14254 и возможных заимствований из [2], особенно для каналов температуры и разности температур с учетом особенностей теплосчетчиков для российских ВСТ;
- в) типовые испытания, которые должны:
- 1) назначаться при внесении изменений в конструкцию и (или) технологию изготовления компонентов теплосчетчиков;
 - 2) проводиться по специально разработанной программе в соответствии с требованиями решаемой задачи.
- г) испытания в целях утверждения типа по ПР 50.2.104-09 проводятся аккредитованной организацией преимущественно на базе производителя, по программе, содержащей, как правило, позиции приемосдаточных и периодических испытаний.

В специализированных аккредитованных организациях, как правило, проводятся испытания, требующие специального оборудования и соответствующей квалификации персонала по следующим видам:

- аттестация программного обеспечения теплосчетчиков на соответствие требованиям ГОСТ Р 8.596 и ГОСТ Р 8.654 по методике, разработанной на основе МИ 2955;
- испытания на безопасность на основе ГОСТ Р 52319;
- испытания на безопасность по требованиям Ростехнадзора;
- испытания на электромагнитную совместимость по ГОСТ Р 51522.1-2011. Совместимость технических средств электромагнитная. Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения;
- испытания на подтверждение правильности учета влияющих величин, оказывающих значимое воздействие на результаты измерений тепловой энергии и количества теплоносителя с помощью теплосчетчиков;
- испытания на надежность в соответствии с методикой [2].

Методы и программы испытаний теплосчетчиков в специализированных аккредитованных организациях, устанавливаются этими организациями, исходя из заявленных в нормативных и технических документах теплосчетчиков конкретных типов их технических характеристик, в том числе

показателей точности и условий их применения при эксплуатации.

Все приведенные виды испытаний теплосчетчиков, безусловно, важны. Вместе с тем, с точки зрения авторов, наиболее проблемными можно считать испытания по определению воздействия влияющих величины на результаты измерений расхода и температуры воды.

Так к величинам, влияющим на измерения расхода среды и допускающим введение зоны нормальных значений, относятся:

- возмущения потока измеряемой среды, вызванные местными сопротивлениями, в том числе фильтрами, погружаемыми частями датчиков температуры (или их защитными гильзами);
- возмущения потока измеряемой среды, вызванные наличием уступов между корпусом датчика расхода и прилегающими участками ИТ;
- возмущения потока измеряемой среды, вызванные выступанием уплотняющих прокладок внутрь трубопровода;
- неоднородность теплоносителя, вызванная наличием в воде твердых и не растворенных газообразных включений.

Для устранения влияния местных сопротивлений после них перед датчиком расхода должны находиться прямолинейные участки измерительного трубопровода (далее – ИТ), позволяющие привести профиль скоростей измеряемой среды к стандартному виду (т. е. если его конфигурация не вызывает дополнительных погрешностей). Наименьшая длина прямолинейных участков ИТ, позволяющих привести профиль скоростей измеряемой среды к стандартному виду должна определяться на местных сопротивлениях, вызывающих наиболее значимое отклонение профиля скоростей потока от стандартного вида. К таким местным сопротивлениям относятся:

- группа колен в разных плоскостях;
- смешение потоков (наиболее часто встречается на обратных трубопроводах);
- полуоткрытая регулирующая задвижка.

Примечание – Для гильз датчиков температуры правильность определения наименьшей длины участков стабилизации потока проверяется отдельно.

Для уступов экспериментально устанавливаются предельно допускаемые значения их характеристик (указываемых в технических условиях и эксплуатационных документах теплосчетчиков конкретного типа), которые не вызывают значимого увеличения погрешности измерений объемного расхода

измеряемой среды. К характеристикам уступов, как правило, относят следующие:

- относительная высота уступа, определяемая по формуле:

$$K_H = \frac{D - D_T}{D} \times 100\%, \quad (1)$$

где D – среднее значение внутреннего диаметра трубопровода в сечении, примыкающем к датчику расхода; D_T – среднее значение внутреннего диаметра проточной части датчика расхода;

- осесимметричность уступов, определяемая разностью радиального расстояния между центрами: измерительного сечения датчика расхода и прилегающего ИТ.

Устранение влияния уступов на результаты измерений объемного расхода производится:

- подбором внутреннего диаметра ИТ, так, чтобы значение K_H по (1) не превышало допустимого значения;
- применением габаритных имитаторов при подготовке монтажа датчиков расхода на ИТ с целью их совместной центровки.

Для уплотняющих прокладок должна быть разработана технология монтажа на измерительных трубопроводах, не допускающая их выступания внутрь трубопровода. Предпочтительным является наличие на месте нахождения прокладки незначительного углубления.

При устранении влияния неоднородности теплоносителя следует учитывать, что твердая и газообразная фазы требуют различных методов устранения:

- а) твердые включения из теплоносителя убираются с помощью соответствующих фильтров, причем при их установке следует учитывать, что они являются местными сопротивлениями способными этом нужно учитывать, что фильтры могут являться местными сопротивлениями, вносящими существенные искажения в результаты измерений.
- б) газообразные включения для всех видов объемных преобразователей расхода приводят к более значимым искажениям результатов измерений, чем твердые включения (особенно в обратных трубопроводах, где при падении давления выделение воздуха в свободное состояние интенсифицируется), поэтому необходимо:
 - 1) на источниках тепловой энергии производить качественную деаэрацию теплоносителя и контролировать исправность нагнетающих насосов;
 - 2) у потребителей использовать циркуляционные насосы с минимальным

подсосом воздуха и контролировать исправность этих насосов, а также исключать другие источники засорения теплоносителя воздухом.

Примечание – Наиболее существенным признаком наличия засорения теплоносителя газами – составляющими воздуха (способность к растворению в воде у азота, кислорода и т. д. разная) является существенное повышение расхода теплоносителя в обратном трубопроводе. Это происходит ввиду того, что датчики объемного расхода по принципу своего действия реагируют на расход всей газо-водяной смеси, объем которой при выделении газов в свободное состояние повышается, а вычисление плотности проводится по измеренным значениям температуры и давления по зависимостям, справедливым только для деаэрированной воды.

Для преобразователей расхода конкретных видов (турбинные, электромагнитные, ультразвуковые и т. д.) должны устанавливаться в зависимости от вида измерений расхода измеряемой среды свои влияющие величины, допускающие введение области нормальных значений. Например, для электромагнитных преобразователей расхода указываются предельные значения относительной магнитной проницаемости измеряемой среды, для время-импульсных ультразвуковых преобразователей расхода – предельные размеры частиц твердых и газообразных включений и т. п.

При невозможности создания условий для нахождения влияющей величины в зоне нормальных значений, допускается определение составляющей погрешности метода измерений расхода, вызванной данной влияющей величиной.

Наиболее сложным и затратным при испытаниях теплосчетчиков является учет воздействий на результаты измерений расхода теплоносителя влияющих величин, требующих введения функции влияния.

Основной влияющей величиной, требующей введения функции влияния для всех видов преобразователей расхода, является температура измеряемой среды, для случаев, когда градуировка и (или) калибровка и (или) поверка преобразователей расхода производится на температурах ниже, чем температура измеряемой среды в условиях эксплуатации. Причем вид функции влияния температуры (аналитическая зависимость, таблица и т. д.) должен выбираться из соображений того, чтобы

при прочих равных условиях максимально компенсировать неточность определения значения расхода, полученного по градуировочной характеристике, определенной при выпуске из производства при температуре воды меньшей, чем в условиях эксплуатации (как правило, на холодноводной установке).

Если введенная функция влияния не позволяет полностью учесть влияние температуры на результаты измерений расхода, то должна быть оценена погрешность данного метода, которая в дальнейшем учитывается в оценке суммарной погрешности измерений расхода.

Для преобразователей расхода конкретных видов (турбинные, электромагнитные, ультразвуковые и т. д.) могут устанавливаться в зависимости от вида измерений расхода измеряемой среды свои влияющие величины, требующие определения функций влияния.

К влияющим величинам, допускающим введение зоны нормальных значений при измерении температуры, относятся:

- профиль температур в измерительном сечении;
- наличие защитных гильз для датчиков температуры.

В уравнения измерений тепловой энергии и массы теплоносителя входит температура средняя по измерительному сечению трубопровода. Вместе с тем температура измеряется в локальной зоне, где находится чувствительный элемент датчика температуры. Поэтому для устранения погрешности измерений средней по сечению температуры, профиль температур в измерительном сечении должен быть максимально близким к прямоугольному. Это достигается при необходимости термоизоляцией трубопровода. Кроме того, чувствительных элементов датчиков температуры погружаются в зону, где температура измеряемой среды близка к средней по измерительному сечению.

Для устранения влияния защитных гильз на результаты измерений температуры, конструктивные параметры этих гильз должны соответствовать рекомендациям ГОСТ Р ЕН 1434-2-2011. Также должно быть нормировано предельное допускаемое значение отношения d_f/D , где d_f – наружный диаметр гильзы.

Основной вывод, который хотелось бы сделать в заключении – ГОСТ Р 51649

безнадежно устарел. Требуется его кардинальное обновление, в том числе и по разделу испытаний. С точки зрения авторов, особое внимание необходимо уделить теплосчетчикам для открытых и условно открытых ВСТ, которые имеют свои существенные специфические особенности, полностью проигнорированные в [4].

Список литературы

1. Учет тепловой энергии и теплоносителя. – М.: ЗАО «Энергосервис», УМИТЦ Мосгосэнергонадзора, 2000. – 116 с. (В этот сборник включены: Правила учета тепловой энергии (рег. №954 в Минюсте РФ) и официальные разъяснения по ним от Главгосэнергонадзора РФ).
2. EN 1434-4-2007 Heat meter. Имеется аутентичный перевод: ГОСТ Р ЕН 1434-4-2011 Теплосчетчики. Испытания в целях утверждения типа.
3. Бурдуин М. Н., Варгин А. А. Анализ составляющих погрешности измерений тепловой энергии с помощью теплосчетчиков // Главный метролог. – 2005. – №2. – С. 14-23.
4. ГОСТ Р 51649-2000 Теплосчетчики для водяных систем теплоснабжения. Общие технические условия
5. ГОСТ Р 8.596 ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
6. ГОСТ Р 8.654 ГСИ. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.
7. МИ 2955-2005 Рекомендация. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений и порядок её проведения.
8. Бурдуин М. Н., Варгин А. А. Метод повышения точности измерений тепловой энергии // Мир измерений. – 2009. – №5.
9. Бурдуин М. Н., Варгин А. А. Оценка пределов допускаемой погрешности утечек теплоносителя для закрытых водяных систем теплоснабжения. Сборник трудов конференции «Энергосбережение в системах тепло- и газоснабжения. Повышение энергетической эффективности», СПб 2012 г.
10. МИ 2553-99 ГСИ. Энергия тепловая и теплоноситель в системах теплоснабжения. Методика оценивания погрешности измерений. Основные положения.
11. РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
12. МИ 3164-2008 Рекомендация. ГСИ. Электромагнитные расходомеры и счетчики-расходомеры. Методика поверки с применением имитационной установки «Поток-Т».

