

Теплосчетчики и водосчетчики

для измерения энергоресурсов в зданиях

Для учета потребления тепловой энергии, холодной и горячей воды в зданиях на территории России в настоящее время применяются, в основном, приборы, реализующие четыре метода измерений: тахометрический, вихревой, ультразвуковой и электромагнитный. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. При выборе типа прибора для оснащения зданий важно оценить все их положительные и отрицательные характеристики, чтобы в дальнейшем избежать недостоверных результатов измерений и финансовых потерь как со стороны поставщиков, так и со стороны потребителей энергоресурсов.

В.И. Мясников,

канд. техн. наук, заведующий лабораторией
информационно-измерительных систем
НИИ ВОДГЕО

Типы расходомеров (водосчетчиков) классифицируются в соответствии с реализованными в них физическими методами измерения расхода (объема) воды. Тип теплосчетчика определяется по типу применяемых в его конструкции расходомеров (водосчетчиков), его точность зависит, в основном, от точности последнего.

Типы приборов и особенности их применения

Рассмотрим особенности применения различных типов приборов с учетом зарубежного опыта, который имеет в данной сфере более богатую историю. Характеризуя принципы работы каждого типа приборов, применяемых для измерения расхода (объема) воды, следует учитывать, что область применения приборов – обеспечение измерений холодной, горячей воды и тепловой энергии в зданиях для осуществления учетно-расчетных операций.

Погрешность водосчетчиков (расходомеров) во время их эксплуатации не должна превышать 2%. Данная величина принята для водосчетчиков во многих странах, включая Россию. Исходя из многолетнего опыта исследований различных типов приборов, погрешность измерения расхода (объема) воды 2% является наиболее реальной для жилищно-коммунального хозяйства. Нормирование погрешности водосчетчиков (расходомеров) в диапазоне 0,25–0,5% для данных условий эксплуатации носит скорее рекламный характер, хотя на стендовых испытаниях такие погрешности достижимы.

При анализе характеристик приборов нет необходимости принимать во внимание конструкции, реализующие методы измерения местной скорости потока, например ультразвуковые доплеровские, электромагнитные зондовые и др. Для рассматриваемой области применения приборы таких конструкций не обеспечивают желаемой точности измерения.

>> В России направление развития рынка приборов учета холодной, горячей воды и тепловой энергии в зданиях не соответствует современным тенденциям, характерным для большинства экономически развитых стран.

Принцип действия **тахометрических приборов** основан на измерении скорости (количества оборотов) тела вращения, находящегося в потоке измеряемой воды. Измеренная скорость тела вращения пропорциональна скорости движения воды.

Тахометрические счетчики имеют несколько классов, но для измерений в зданиях применяются два: турбинные и крыльчатые водосчетчики. В турбинных телом вращения является турбинка, ось вращения которой расположена параллельно оси движения потока. В крыльчатых счетчиках телом вращения является крыльчатое колесо (крыльчатка), ось вращения которого расположена перпендикулярно оси движения потока.

В вихревых приборах измеряется частота срыва вихрей с помещенного в поток плохобтекаемого тела. Частота срыва вихрей и возникающие при этом пульсации давления пропорциональны скорости измеряемого потока. Для измерения частоты срыва вихрей применяют магнитный, ультразвуковой и другие способы съема сигнала. Это разнообразие не оказывает существенного влияния на основные методические параметры вихревых приборов, однако может серьезно отражаться на их эксплуатационных характеристиках.

Ультразвуковые приборы используют акустические сигналы ультразвукового диапазона, зондирующие измеряемый поток. Измеряемые параметры пропорциональны скорости потока. Ультразвуковые приборы – одно из новых направлений в приборостроении, получившее интенсивное развитие в последние 30 лет благодаря новым достижениям в области микропроцессорной электроники. Особенностью данного типа является использование производителями принципиально различных ультразвуковых методов и конструктивных решений, что приводит к существенным различиям эксплуа-

тационных и метрологических характеристик приборов, производимых разными фирмами. В основном на рынке присутствуют приборы, реализующие дифференциальный, доплеровский и корреляционный методы.

Принцип действия **электромагнитных приборов** основан на взаимодействии движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, подчиняющимся закону электромагнитной индукции. При движении электропроводящей жидкости в магнитном поле наводится электродвижущая сила (эдс). Разность потенциалов, возникающая при этом на изолированных электродах, перпендикулярных направлению движения жидкости и направлению силовых линий магнитного поля, пропорциональна скорости движения жидкости. Существуют разные методы создания магнитного поля, принципиально различные из них – это создание интегрального (действующего на все поперечное сечение потока жидкости) и локального (действующего в одной или нескольких локальных областях поперечного сечения потока) магнитного поля.

Применение приборов с локальным магнитным полем менее эффективно вследствие более высокой точности приборов с интегральным магнитным полем, поэтому в дальнейшем конструкции с локальным полем не рассматриваются.

Основные достоинства и недостатки различных типов приборов приведены в табл. 1.

При анализе различных типов приборов принимались во внимание характеристики, общие для всех приборов рассматриваемого типа. Не рассматривались и не принимались во внимание нереальные характеристики отдельных производителей. Одним из критериев оценки являлись параметры, декларируемые для приборов, продаваемых на рынке Западной Европы крупными производителями. Эти приборы, как правило, получили оценку авторитетной немецкой организации РТВ.

Проводя испытания различных типов приборов и анализируя приборный рынок, с

Таблица 1

Достоинства и недостатки различных типов приборов

Тип прибора	Достоинства	Недостатки	Требуемые длины прямого участка трубопро-вода для установки прибора	Диапазон измерения при погрешности не более 2%, V_{max} (8...10 м/с)
Тахометрический	Относительная дешевизна; автономность (не требуют внешнего питания); стабильность показаний; простота монтажа и обслуживания	Высокая чувствительность к механическим примесям в воде и отложениям на проточной части прибора, в частности к отложениям соединений железа; плохая чувствительность на малых расходах; наличие выступающих в поток движущихся деталей, подверженных износу; для ведения архивов и подключения к АСКУЭ требуется дополнительный электронный блок	3–5 Ду до 2–3 Ду после	Турбинный 1:20–1:150 Крыльчатый 1:10–1:25
Вихревой	Дешевизна при относительной простоте конструкции; низкое энергопотребление (работа от автономных источников); отсутствие подвижных деталей	Требуют больших прямолинейных участков трубопровода; плохая чувствительность на малых расходах, относительно небольшой рабочий диапазон; наличие перекрывающих поток деталей; повышенная чувствительность к вибрации	10-50 Ду до 5 Ду после	1:30–1:100
Ультразвуковой	Слабая зависимость от отложений на проточной части, в частности магнетита (конструкции без отражателей); низкое энергопотребление (работа от автономных источников); точность в широком диапазоне; отсутствие выступающих в поток деталей (за исключением конструкций с отражателями); высокая чувствительность на малых расходах	Чувствительность отдельных однолучевых конструкций к неравномерности поля скоростей измеряемого потока; чувствительность преобразователей с отражателями к образованию отложений на отражающих ультразвуком поверхностях	Многочувствительные, однолучевые осевые и с формирователем потока: 5–10 Ду до 2–5 Ду после. Однолучевые с диаметральной каналом: 10–50 Ду до 5 Ду после	1:50–1:150
Электромагнитный	Точность в широком диапазоне измерения; низкая чувствительность к неравномерности поля скоростей измеряемого потока; отсутствие выступающих в поток деталей; высокая чувствительность на малых расходах	Высокая чувствительность к незначительным отложениям на проточной части диэлектрических и токопроводящих осадков, в особенности магнетита; чувствительность к внешним электромагнитным полям и блуждающим токам; высокое энергопотребление	5 Ду до 2–3 Ду после	1:100–1:200

>> Некоторые приборы иностранных производителей при пересечении российской границы резко “улучшают” свои характеристики.

конца 1990-х гг. специалисты нашего института обращают внимание на то, что отдельные производители завышают основные показатели своих приборов. Это касается в первую очередь точности измерения, диапазона измерения и длин прямых участков трубопроводов, требующихся для установки расходомеров (водосчетчиков).

Чтобы оценить перспективность того или иного типа приборов для рассматриваемого сегмента рынка, рассмотрим подробнее характеристики приборов, приведенные в табл. 1, и проанализируем их достоинства и недостатки. Некоторые проблемы являются общими для каждого из рассматриваемых типов приборов. Существенное зарастание внутреннего сечения расходомера (водосчетчика) приводит к увеличению погрешности любого из рассматриваемых типов. Объясняется это тем, что принцип действия приборов основан на измерении скорости потока. Значение расхода мы получаем при умножении измеренной площади на градуировочный коэффициент, который содержит величину площади поперечного сечения расходомера. Таким образом, при изменении вследствие образования отложений площади пропорционально растет погрешность измерения расхода. Для замедления процессов образования отложений на проточной части

водосчетчиков (расходомеров) следует применять приборы, первичные преобразователи которых изготовлены из некорродирующих материалов или имеют коррозионностойкие покрытия.

Второй фактор, оказывающий отрицательное воздействие на все типы рассматриваемых приборов – содержание в измеряемой воде нерас-

творенных газов. Ни один из приборов не определяет их концентрацию, поэтому погрешность измерения может возрастать, как минимум, на процентное содержание нерастворенного газа. Но как показывает опыт, на самом деле погрешность измерения еще выше. Дополнительная погрешность в данном случае обусловлена неадекватностью восприятия датчиками приборов скорости воздушных и водо-воздушных потоков. При наличии в воде нерасстворенного воздуха невозможно обеспечить измерения расхода и объема с нормированной точностью. Тахометрические счетчики, например, работают (измеряют объем) независимо от того, что движется по трубе – вода или воздух.

Тахометрические приборы

Тахометрические приборы – самый распространенный до последнего времени тип водосчетчиков. Они выпускаются более 100 лет, их конструкция очень хорошо отработана. **Главные достоинства – дешевизна, простота установки и обслуживания.** Основные недостатки общеизвестны: износ подвижных деталей, чувствительность к отложениям соединений железа. Приборы требуют установки магнитомеханических фильтров, которые не способны полностью защитить их. В результате уже через полгода турбинные водосчетчики начинают занижать показания. В среднем, за 5–6 лет эксплуатации погрешность может возрасти до 5–8%. Крыльчатые водосчетчики также подвержены существенному ухудшению точности в процессе эксплуатации.

На малых расходах тахометрические водосчетчики имеют плохую чувствительность, причем в процессе эксплуатации она снижается, что приводит к увеличению погрешности учета потребления холодной и горячей воды в ночное время. Применение более чувствительных на малых расходах водосчетчиков класса С, как правило, малоэффективно, поскольку эти счетчики теряют свое преимущество при образовании отложений на их проточной части. Приборы клас-

>> На российском рынке для измерения холодной воды в трубопроводах Ду 15–32 мм и горячей воды в трубопроводах Ду 15–20 мм в ближайшее время, скорее всего, не будет альтернативы тахометрическим счетчикам вследствие их низкой стоимости. В то же время такие фирмы, как Kamstrup, Hydrometer уже выпускают ультразвуковые квартирные водосчетчики и теплосчетчики.

са С более чувствительны к отложениям, чем класса В.

В зарубежной практике в последнее время в качестве альтернативы тахометрическим счетчикам находят применение ультразвуковые приборы. Для домашнего учета их производят Sensus, Kamstrup, Hydrometer, Siemens. Эти фирмы, имеющие авторитет на мировом рынке и известность как производители тахометрических приборов, продвигают приборы ультразвукового типа как продукцию передовых технологий.

Укажем еще одну из причин вытеснения тахометрических приборов с рынка. Современное развитие электроники позволяет полностью автоматизировать процессы измерений, сбора информации о потреблении энергоносителей, передачи ее в диспетчерские и биллинговые системы. Для применения в таких системах тахометрических приборов требуется обеспечить взаимодействие механических устройств этих приборов с электроникой, что лишает тахометрические приборы таких преимуществ, как дешевизна, простота монтажа и эксплуатации.

Вихревые приборы

Приборы этого типа имеют простую конструкцию проточной части, относительно дешевы. Главные недостатки – низкая чувствительность на малых расходах и зависимость точности измерений от неравномерности поля скоростей измеряемого потока жидкости. Учитывая, что некоторые отечественные производители замалчивают названные недостатки, приведем в качестве аргумента характеристики вихревого расходомера известной зарубежной фирмы Endress+Hauser из каталога, изданного на английском языке, без учета “специфики российского рынка”. Погрешность вихревого расходомера фирма задает в зависимости от числа Рейнольдса*, что с позиции гидродинамики закономерно, так как как устойчи-

Таблица 2

Параметры вихревых расходомеров

Параметр	Значение					
	25	32	40	50	80	100
Условный диаметр, Ду, мм	25	32	40	50	80	100
Минимальный расход при погрешности не более 2%, куб. м/ч	0,5	0,7	0,9	1,1	1,8	2,1
Максимальный диапазон измерения при погрешности не более чем 2%	30	40	45	60	95	100
Порог устойчивой работы, куб. м/ч	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	1,2

вый процесс срыва вихрей наступает при числе Рейнольдса больших некоторого порогового значения.

Используя данные Endress+Hauser, представим в более понятной для потребителя форме параметры вихревых расходомеров (водосчетчиков) для типоразмеров, используемых при измерениях в зданиях. Из данных табл. 2 видно, что даже характеристики вихревых расходомеров признанного мирового лидера уступают практически всем из рассматриваемых типов приборов.

Производители, реализующие вихревые приборы на российском рынке, обычно декларируют длину прямого участка до преобразователя расхода в 10 Ду, после – 3–5 Ду. С точки зрения анализа гидродинамики вихревых приборов, такие показатели вызывают сомнение. Вихревые расходомеры измеряют скорость потока в зоне, расположенной вдоль диаметра трубы, она не является средней скоростью потока, а поле скоростей потока в данной области чувствительно к воздействию различных местных сопротивлений (отводов, тройников и пр.).

Приведем данные по прямым участкам трубопроводов, которые декларирует для вихревых приборов фирма Endress+Hauser (табл. 3).

Таким образом, для обеспечения нормированной точности вихревых приборов на практике для их установки требуется прямой участок трубопровода длиной 55 Ду или же 10 Ду, но при установке струевыпрямителя.

* Endress+Hauser. General Specifications Catalogue. 1997. P. 877–896.

Таблица 3

Требуемые длины прямых участков трубопровода

Тип местного сопротивления	Длина прямого участка трубопровода до прибора, Ду	Длина прямого участка трубопровода после прибора, Ду
Конфузор	15	5
Диффузор	18	5
Колено (отвод 90°)	20	5
Два колена в одной плоскости	25	5
Два колена в разных плоскостях	40	5
Затвор, задвижка	50	5
Струевыпрямитель (2Ду до струевыпрямителя и 8 после)	10	5
Два и более местных сопротивления, не указанных в таблице выше	50	5

>> На зарубежном рынке вихревые расходомеры не находят применения в жилищно-коммунальной сфере в силу таких недостатков, как плохая чувствительность на малых расходах и усложнение монтажа за счет требования больших прямых участков трубопроводов для их установки.

Стендовые исследования вихревых приборов подтверждают изложенное*.

Следует отметить некоторые конструктивные особенности вихревых расходомеров, проявляющиеся в процессе эксплуатации. **Приборы с магнитной системой съема сигнала чувствительны к магнетиту.**

Приборы с ультразвуковой системой съема сигнала могут неустойчиво работать при высоких скоростях потока и низком давлении в трубопроводе.

Ультразвуковые и электромагнитные приборы

Эти приборы считаются наиболее современными средствами измерения. **Их масштабное производство стало возможным благодаря интенсивному развитию микропроцессорной техники, совершенствованию характеристик и снижению стоимости**

электронных компонентов. Электромагнитные и ультразвуковые приборы имеют широкий диапазон измерения, они легко интегрируются в автоматизированные системы.

Общим достоинством этих приборов является отсутствие выступающих в измеряемый поток деталей. Принципы их действия основаны на использовании свойств электромагнитных и акустических полей. Одним из критериев оценки чувствительности и того, и другого типа приборов является отношение “шум – полезный сигнал”. Задача разработчиков – снизить данный показатель, а также добиться эффективного интегрирования поля скоростей контролируемого потока жидкости.

Электромагнитные приборы имеют различные конструктивные решения формирования магнитного поля. Основная цель, к которой стремятся при формировании магнитного поля, – добиться его равномерности. От равномерности магнитного поля и соотношения “шум – полезный сигнал” зависят точность приборов и диапазон измерения.

В конце 1990-х гг. на российском рынке стали появляться электромагнитные приборы с диапазоном измерения 1:500, затем 1:1000 и даже 1:2000, которые начали “покорять” российский рынок. Специалисты в области расходомерии недоумевали, почему большинство потребителей с таким воодушевлением воспринимает эти цифры. Одним из первых публично обратил внимание на нереальность широкого диапазона электромагнитных водосчетчиков специалист “Ленэнерго”**, заявив, что погрешности электромагнитных приборов в процессе эксплуатации могут достигать 50–60%. В качестве причины таких погрешностей рассматривается образование небольших отложений в виде пленки, замыкающей электроды.

* А.В. Мечин и др. Факторы дополнительной погрешности вихревых расходомеров в реальных условиях эксплуатации. – Коммерческий учет энергоносителей: Труды 26-й Международной научно-практической конференции. СПб.: Борей-Арт. 2007. С. 200–205.

** Лупей А.Г. Расходомеры со сверхширокими диапазонами измерений: желаемое и действительное. – Совершенствование измерений расхода, регулирование и коммерческий учет энергоносителей. Труды 3-го Международного научно-практического форума. СПб.: Борей-Арт. 2003. С. 375–389.

Миф о высокой точности электромагнитных приборов в широком диапазоне окончательно был развеян в 2009 г. специалистом фирмы “Взлет”, которая является одним из производителей этих приборов*. Он обосновал нереальность декларируемых производителями электромагнитных расходомеров характеристик. Таким образом, в течение десяти лет многие производители электромагнитных приборов вводят в заблуждение потребителей, выигрывают тендеры и поставляют приборы, декларируя характеристики, которые невозможно обеспечить в условиях их эксплуатации на объектах ЖКХ.

В зарубежной практике электромагнитные расходомеры широко используются в пищевой, фармацевтической, химической, целлюлозно-бумажной промышленности, но не в жилищно-коммунальном секторе. На российском рынке ситуация иная. Попробуем проанализировать, с чем это связано.

Давно известно, что на точность электромагнитных расходомеров влияют даже тонкие отложения на проточной части преобразователя. **При образовании в процессе эксплуатации пленки, шунтирующей электроды, электромагнитный прибор начинает занижать показания.** Данный факт легко обнаруживается на объектах, где установлены электромагнитные расходомеры на прямом и обратном трубопроводах закрытой системы, когда скорость образования отложений в этих трубопроводах различна. В подобных случаях в динамике фиксируется рост расхождения показаний между приборами на прямом и обратном трубопроводах. Разность показаний достигает 15% и более**, в то время как она не должна превышать 4%. Чтобы скрыть расхождения в показаниях приборов, некоторые

фирмы стали встраивать специальные программы, которые корректируют результаты измерений, прежде чем зафиксировать их в счетчиках и в архивах***, что, безусловно, недопустимо.

Следует отметить, что рассмотренное явление встречается часто, но его нельзя признать массовым. Как правило, образование пленки идет равномерно на прямом и обратном трубопроводах и занижение показаний приборов происходит синхронно, поэтому фиксировать данный процесс сложно. Обнаруживается занижение показаний при поверке, если не проводить предварительной очистки и промывки электромагнитных преобразователей. **Результаты проверки 2500 электромагнитных приборов после трех лет эксплуатации показали, что даже после отмывки отложений 40% счетчиков не обеспечивают нормированной погрешности измерения****.** Некоторые производители электромагнитных приборов утверждают, что отложения в российских трубопроводах, в отличие от отложений в западноевропейских, особенные, они не замыкают электроды приборов, не отлагаются на фторопластовом покрытии, да и магнетита в наших системах нет.

Известно, что при эксплуатации систем водоснабжения и теплоснабжения идут процессы коррозии стальных и чугунных трубопроводов. Образующиеся оксиды железа состоят из трех гидратированных оксидов: FeO , Fe_2O_3 и Fe_3O_4 . Последний из них – магнетит. Магнетит имеет черный цвет, его процентное содержание может различаться, микрочастицы оксидов железа могут иметь ядро из магнетита, окруженное FeO и Fe_2O_3 . Такие частицы в больших количествах задерживаются фильтрами с магнитными

* Кавригин С.Б. Диапазон 1000...так все-таки он достижим? СПб. Сборник материалов симпозиума “Мир измерений и учета”. 2009. С. 180–194.

** Нагорная Е.К. О качестве теплоносителя и коммерческом учете. – Совершенствование измерений расхода, регулирование и коммерческий учет энергоносителей. Труды 3-го Международного научно-практического форума. СПб.: Борей-Арт. 2003. С. 390–395.

*** Лупей А.Г. и др. Диверсионный анализ теплосчетчиков. – Коммерческий учет энергоносителей: Труды 26-й Международной научно-практической конференции. СПб.: Борей-Арт. 2007. С. 330–363.

**** Данилов Е.А. и др. Хорошо ли продолжительный межповерочный интервал теплосчетчиков при расширенном диапазоне измерения расхода. – Энергосбережение. 2003. № 5. С. 14–16.

улавливателями даже на холодной воде, но, как известно, при повышении температуры воды равновесие смещается в сторону образования магнетита. В европейских системах магнетита может быть меньше, чем в российских за счет более качественной водоподготовки. Несмотря на это, европейские производители приборов рассматривают магнетит как существенный фактор, оказывающий влияние на точность как электромагнитных, так и тахометрических приборов, и в последнее время предлагают в качестве альтернативы ультразвуковые приборы.

Важно отметить, что на работоспособность электромагнитных приборов воздействует не только магнетит, влияющий на магнитное поле, генерируемое прибором, но и любые другие отложения, изменяющие проводимость между электродами преобразователя. Что касается химического состава отложений, приведем в качестве примера результаты исследований пробы, взятой с фторопластового покрытия электромагнитного преобразователя, установленного в системе теплоснабжения здания одного из российских городов. Толщина отложений не превышала 0,1–0,3 мм, цвет отложений – черный с вкраплениями красно-коричневого. С помощью спектрального анализа установлено следующее содержание химических элементов в пробе: Fe (железо) – 50%, O (кислород) – 32%, C (углерод) – 10%. **Следует отметить, что при измерении горячей воды образование отложений на проточной части приборов идет интенсивнее, чем в системах от-**

>> На работоспособность электромагнитных приборов оказывает влияние не только магнетит, воздействующий на магнитное поле, генерируемое прибором, но и любые другие отложения, способствующие изменению проводимости между электродами преобразователя.

пления. Это вполне закономерно, поскольку системы горячего водоснабжения постоянно подпитываются обогащенной кислородом, не обессоленной водопроводной водой.

Выполняя исследования водосчетчиков, специалисты нашего инсти-

тута обратили внимание на то, что при длительном контакте с воздухом отложения, образовавшиеся на проточной части приборов в процессе эксплуатации, изменяют свою структуру, становятся более рыхлыми. При проведении стендовых испытаний после просушки проточной части отложения частично смываются. Поэтому оценить реальное воздействие отложений на погрешность прибора можно только на объекте, установив последовательно с прибором, находящимся в длительной эксплуатации, новый прибор. Либо проводить длительные испытания последовательно установленных приборов разного типа.

Результаты испытаний в условиях эксплуатации электромагнитного и ультразвукового расходомеров в Германии показали, что электромагнитный расходомер через три года эксплуатации занижал показания на 20%, а ультразвуковой – менее чем на 1%.

Западная Европа прошла эволюционный путь от тахометрических счетчиков к электромагнитным и затем к ультразвуковым. Пик применения электромагнитных расходомеров в коммунальном секторе Западной Европы приходится на середину 80-х гг. прошлого века, их доля составляла тогда около 40%. Затем ситуация стала изменяться. Например, в системах теплоснабжения Дании к началу 1990-х гг. доля ультразвуковых приборов составила 80%, а электромагнитных – упала с 40 до 12%.

Еще один существенный недостаток электромагнитных приборов – жесткие требования к качественному заземлению, что связано с высокой чувствительностью этих приборов к блуждающим токам и внешним электромагнитным полям. Плохое заземление или окисление контактов системы заземления приводит к ухудшению метрологических характеристик приборов.

Основными причинами доминирования электромагнитных приборов на рынке России являются:

- высокая точность электромагнитных приборов в стендовых условиях и нетребовательность их к прямым участкам, что в свое время ввело в заблуждение даже опытных западноевропейских производителей;
- отсутствие на рынке в 1990-е гг. недорогих ультразвуковых приборов приемлемого качества, способных создать конкуренцию;
- более простая и относительно недорогая в производстве конструкция электромагнитных приборов;
- мощная реклама и замалчивание информации о значительном ухудшении характеристик электромагнитных приборов в период эксплуатации.

Особенности применения ультразвуковых приборов

Проанализируем основные характеристики ультразвуковых приборов и особенности их применения для измерения объема воды и тепловой энергии в зданиях. Как уже отмечалось, одна из особенностей российского рынка ультразвуковых приборов – использование производителями принципиально разных конструктивных и методических решений, что существенно отражается на метрологических и эксплуатационных характеристиках приборов. В основном применяются три ультразвуковых метода измерения: дифференциальный, корреляционный и доплеровский.

Приборы, реализующие доплеровский и корреляционный методы, не обладают высокой точностью, требуют больших прямолинейных участков трубопроводов: от 35 Ду до 85 Ду – доплеровские, от 15 Ду до 55 Ду – корреляционные. К достоинствам этих приборов относятся измерение неоднородных по составу потоков. **Промышленные образцы доплеровских и корреляционных расходомеров появились за рубежом более 30 лет назад, но они не используются в сфере коммунального хозяйства вследствие указанных недостатков.**

Широкое распространение получил ультразвуковой дифференциальный метод, основанный на измерении разности времени прохождения ультразвуковых сигналов по потоку и против потока движущейся жидкости. Измеренная разность времени прохождения ультразвуковых сигналов пропорциональна скорости контролируемого потока. В зависимости от аппаратной реализации дифференциального метода различают три способа измерения разности времени прохождения ультразвуковых сигналов: временной, фазовый и частотный. Все они находят применение, но наибольшее распространение получил временной способ.

Приборы, реализующие дифференциальный метод, имеют различные конструкции первичного преобразователя. Данный тип приборов при правильно выбранной конструкции не чувствителен к загрязнению воды. **Ультразвуковые приборы успешно эксплуатируются на неочищенной воде из водоемов и даже на сточной жидкости.**

Конструкция первичного преобразователя во многом определяет метрологические и эксплуатационные характеристики ультразвукового прибора.

Для трубопроводов диаметром 15–40 мм применяются осевые первичные преобразователи. Акустические сигналы в данной конструкции распространяются вдоль оси движения потока. Различают осевые преобразователи без отражателей и с отражателями. Конструкция без отражателей обеспечивает распространение ультразвуковых сигналов непосредственно между двумя ультразвуковыми датчиками. В конструкции с отражателями ультразвуковые сигналы распространяются по более сложной траектории, причем, как правило, оси акустиче-

>> В западноевропейских странах сегодня используются в основном ультразвуковые счетчики. Точность измерений потребления воды и тепловой энергии на коммунальных объектах при использовании ультразвуковых счетчиков выше, чем при использовании электромагнитных. Ультразвуковые приборы практически полностью вытеснили из коммунального сектора электромагнитные теплосчетчики и водосчетчики.

>> Для российского рынка актуальны ультразвуковые приборы без отражателей, которые обеспечивают более высокую надежность измерений при наличии загрязнений в воде.

ских преобразователей несоосны оси активной части акустического канала. Конструкции с отражателями применяются в основном с целью снижения себестоимости производства приборов.

Отражатели частично перекрывают поток и приводят к ослаблению ультразвуковых сигналов. Образование на них отложений снижает точность измерений. Приборы с отражателями* чувствительны к качеству воды и поэтому менее надежны. Эффективность очистки ультразвуком датчиков выше, чем эффективность очистки отражателей. На отражателях происходит искажение фронта ультразвукового сигнала, при образовании отложений на отражателях данный процесс усиливается, что ведет к увеличению погрешности измерений.

Для трубопроводов диаметром 50–100 мм применяются ультразвуковые преобразователи следующих конструкций:

- с одним ультразвуковым лучом, зондирующим измеряемый поток по диаметру;
- одним лучом, зондирующим измеряемый поток по трем хордам;
- двумя лучами, расположенными по двум хордам;
- формирователем потока и одним или двумя лучами.

Общий принцип работы указанных конструкций – зондирование потока ультра-

звуковыми сигналами под углом к оси движения жидкости.

Ультразвуковые расходомеры с одним ультразвуковым лучом, зондирующим измеряемый поток по диаметру, – наиболее простая и широко

распространенная на российском рынке конструкция. Суть метода состоит в измерении разности времени прохождения ультразвукового сигнала по потоку и против потока в диаметральной плоскости под углом к оси преобразователя.

Декларируя погрешность этих приборов и требующиеся для их установки прямые участки трубопровода, некоторые производители вводят потребителей в заблуждение. Для приборов данного типа требуются большие прямые участки трубопровода – от 20 до 55 Ду (см. табл. 3). Именно такие прямые участки указывались в документации на все приборы данной конструкции 15 лет назад.

Нормированная погрешность прибора рассматриваемой конструкции отдельными производителями необоснованно занижается до 0,5–1,5%. Реальное значение – 2–3% при условии соблюдения указанных выше длин прямых участков трубопровода. Причины низкой точности давно известны: зависимость показаний приборов данной конструкции от числа Рейнольдса и шероховатости стенок трубопровода. Попытки некоторых производителей скомпенсировать эту зависимость ничего общего не имеют с метрологией, поскольку определение эквивалентной гидравлической шероховатости трубопровода – дело сложное и дорогое, а использование расчетных значений напоминает “гадание на кофейной гуще”.

За рубежом данная конструкция прибора в последнее время не вызывает интереса, за исключением ультразвуковых расходомеров с накладными датчиками, которые не обеспечивают высокой точности измерения**. Декларируемые в документации некоторых поставщиков погрешности 0,5–1% далеки от действительных значений, которые на самом деле находятся в диапазоне 2–5%. Область применения ультразвуковых приборов с накладными датчиками – технологические экспресс-измерения. С учетом

>> Ультразвуковые приборы с осевыми преобразователями не требуют больших прямых участков. Для установки преобразователя необходим прямой участок 3–5 Ду до места установки и 3 Ду – после.

* Danfoss. Каталог. Теплосчетчик ЭКСПЕРТ-МТ. Ультразвуковые расходомеры SONOFLO типа SONO 2500 СТ.

** Глушнев В.Д., Мясников В.И. Коммерческий учет воды? Выбираем ультразвуковой расходомер – Мир измерений. 2004. № 1. С. 13–17.

рассмотренных недостатков, эти приборы непригодны при измерениях для расчетных операций.

Суть работы ультразвукового прибора с одним лучом, зондирующим измеряемый поток по трем хордам, – увеличение области акустического поля и смещение траектории луча в область средних скоростей с распространением ультразвуковых колебаний по трем хордам, проекция которых на поперечное сечение образует треугольник. Сложная траектория распространения ультразвуковых колебаний в данной конструкции обеспечивается с помощью четырех отражателей. Поэтому прибор имеет все недостатки, характерные для приборов с отражателями, описанные выше. Кроме того, данная конструкция очень чувствительна к закрутке потока. Производители, зная данный эффект, предлагают устанавливать струевыпрямители или обеспечивать прямой участок перед преобразователем не менее 20 Ду. Однако закрутка потока может сохраняться и на участках 30–50 Ду. Дополнительная погрешность измерения при наличии закрутки потока в створе установки преобразователя прибора может достигать 5–10%.

Для измерения воды и тепловой энергии в трубопроводах зданий диаметром 50–100 мм наиболее целесообразно применять ультразвуковые преобразователи с формирователем потока и двухлучевые преобразователи с измерением скорости потока по двум хордам. Эти приборы обеспечивают точность измерения не хуже 2% в широком диапазоне расходов. Прямые участки трубопровода перед створом установки данных приборов не превышают 5–10 Ду, поэтому их установка в подвалах зданий не вызывает проблем. Приборы не чувствительны к повышенному содержанию в измеряемой воде железа и других веществ, не требуют установки фильтров. В конструкциях преобразователей этих приборов нет выступающих в поток деталей и отражателей. Приборы могут работать как от сетевых, так и от автономных источников питания.

Измерение воды и тепловой энергии в зданиях

В заключение остановимся на некоторых общих условиях при организации измерения воды и тепловой энергии в зданиях. **Следует иметь в виду, что монтаж приборов должен осуществляться в строгом соответствии с техническими требованиями производителя.** Только в этом случае может быть достигнута нормированная точность измерений. При выполнении монтажа необходимо обеспечивать соосность преобразователя расхода и трубопровода, поскольку отклонение ведет к существенному увеличению погрешности измерения. Для обеспечения соосности следует применять преобразователи расхода с муфтовым и фланцевым типами подсоединения. К существенным погрешностям измерения (до 20% и более) может привести выступающая в поток перед водосчетчиком уплотнительная прокладка.

Вероятность ошибки при косвенной поверке водосчетчиков (расходомеров) небольшого диаметра существенно возрастает, поэтому поверять приборы, устанавливаемые в зданиях, следует проливным методом.

Приборы с сетевым электропитанием следует подключать с применением встроенных или внешних сетевых фильтров, что повышает надежность их работы. Внешний сетевой фильтр имеет определенное преимущество: выход его из строя при броске тока, как правило, позволяет сохранить работоспособность измерительной техники, в этом случае не потребуются ее дорогостоящий ремонт и поверка.

При наличии в здании нескольких контуров учета тепловой энергии целесообразно на каждом контуре использовать отдельный теплосчетчик. Он должен иметь паспорт, выписанный производителем.

>> Выбор приборов для измерения расхода холодной, горячей воды и тепловой энергии в зданиях – это ответственный шаг. Недостоверность измерения потребляемых энергоресурсов может приводить как к дополнительным финансовым издержкам населения, так и к серьезным убыткам ресурсоснабжающих компаний.

лем, и не требовать дополнительных настроек после выпуска из производства. Именно такой подход практикуется во всем мире. **Опыт показывает, что удорожание приборов при этом не превышает 1–2% от стоимости всей системы, но потребитель получает ряд преимуществ:**

- уменьшается длина сигнальных кабелей;
- повышается надежность системы за счет упрощения;
- сокращается объем потерянной информации при выходе из строя тепловычислителя;
- упрощается контроль за системой и снижается вероятность несанкционированного вмешательства.

При выборе приборов из числа представленных на российском рынке не следует доверять рекламе. Ряд производителей и дилеров искажает информацию как о точности приборов, так и об области их возможного применения. Выбирая приборы, следует принимать во внимание обширный зарубежный опыт с учетом специфики российских коммунальных систем.

Получившие в последнее время распространение на российском рынке электромагнитные приборы обладают повышенной чувствительностью даже к незначительным отложениям на их проточной части, что в процессе эксплуатации может приводить к росту их погрешности до 10–15% и более.

Для измерения потребления холодной, горячей воды и тепловой энергии в зданиях наиболее эффективны ультразвуковые счетчики. Сбыт этих приборов в экономически развитых странах в последние два десятилетия имеет наибольший рост, причем ультра-

звуковые приборы практически полностью вытеснили из коммунального сектора рынка электромагнитные теплосчетчики и водосчетчики.

Ультразвуковые водосчетчики и теплосчетчики имеют различные конструкции. **Не все ультразвуковые приборы подходят для измерения воды и тепловой энергии в зданиях, поскольку имеют различную точность и надежность, а именно:**

- конструкции с отражателями чувствительны к отложениям на проточной части;
- полнопроходные приборы с центральным расположением луча не обладают достаточной точностью и требуют больших прямых участков трубопровода;
- однолучевые ультразвуковые приборы с преломлением луча по трем хордам чувствительны к закрутке потока.

Наиболее эффективны для измерения потребления воды и тепловой энергии в зданиях ультразвуковые счетчики осевого типа без отражателей, двухлучевые с расположением лучей по двум параллельным хордам, одно- и двухлучевые с формирователем потока.

При наличии в здании нескольких контуров учета тепловой энергии на каждом контуре целесообразно применять отдельный, простейший тепловычислитель, что повышает надежность системы учета в целом, сокращает затраты на кабельные линии, упрощает процесс контроля за возможными несанкционированными вмешательствами в систему измерения. Удорожание приборов при этом не превы-

К СВЕДЕНИЮ

Российский рынок приборов для коммунального хозяйства стремительно развивается, однако паспортные характеристики приборов часто имеют скорее рекламный, но никак не реальный

характер. В борьбе за “место под солнцем” отдельные отечественные производители выдают свои ничем не подкрепленные фантазии за фактические характеристики приборов. Хороший

прибор не может быть одновременно недорогим, сверхточным, широкодиапазонным, универсальным расходомером, поскольку это взаимоисключающие понятия.

шает 1–2% от стоимости системы в целом, что быстро окупается при монтаже и эксплуатации узлов учета.

При выборе приборов для измерений потребления энергоресурсов в зданиях следует ориентироваться на исполнения, которые

легко интегрируются в автоматизированные системы сбора данных. Учитывая современный уровень развития вычислительной техники и IT-технологий, переход на автоматизированный учет энергоресурсов в ближайшие годы неизбежен.