

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ РАСХОДОМЕТРИЯ НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛОВОДОСЧЕТЧИКА СВТУ-10М: МНЕНИЯ И ФАКТЫ

Покрас С.И., Покрас А.И., Гришанова И.А.

*Факт – это отвердевшее мнение.
«Законы Мэрфи»*

*Факты под давлением размягчаются.
Закон Данлэпа*

В предыдущей статье «Ультразвуковая расходометрия: дорогая экзотика или современный метод измерения?» [1] авторами ставилась цель обратить более пристальное внимание российских и зарубежных специалистов в области учета энергоресурсов на ультразвуковые расходомеры. В течение последних лет их метрологические характеристики существенно улучшились, поэтому сегодня они успешно конкурируют с электромагнитными приборами. Так, например, в г. Киеве в 2003 году среди всех установленных на объектах АК «Киевэнерго» теплосчетчиков доля ультразвуковых приборов впервые превысила 50%, а в 2004 году ультразвуковые теплосчетчики уже составляли подавляющее большинство от всех установленных приборов (отметим, что АК «Киевэнерго» - это 3-я в мире по величине компания после ОАО «Мосэнерго» и ОАО «Ленэнерго»).

Возможно, и после этой публикации некоторые эксперты по-прежнему будут уверены, что определенные недостатки ультразвуковых средств измерения расхода все-таки оттесняют их на почетное второе место. При этом основными аргументами противников ультразвука являются необходимость установки длинных прямых участков до и после расходомера, нестабильность показаний накладных и врезных ультразвуковых преобразователей расхода, узкий динамический диапазон, дороговизна и т. д.

Однако, по нашему глубокому убеждению, многие из вышеприведенных недостатков ультразвуковых расходомеров сильно преувеличены, а некоторые из них просто являются **мнениями**, имеющими не очень много общего с реальными **фактами** ультразвукового тепловодоучета.

Мнение 1. О том, что найти место для обеспечения необходимой длины прямых участков при установке ультразвуковых расходомеров сложно.

Известно, что ультразвуковые расходомеры весьма чувствительны к искажению профиля скоростей потока на расходомерном участке (РУ). При этом профиль скоростей зависит от геометрии, свойств контролируемой среды, а также условий на входе и выходе первичного преобразователя расхода, что приводит к появлению гидродинамической погрешности, являющейся чуть ли не основным «вкладом» в суммарную погрешность прибора. В связи с этим традиционным подходом для стабилизации потока и устранения гидравлических ударов служит использование прямых участков, равных, как правило, 10 Ду перед прибором и 5 Ду за ним. Несмотря на многочисленные предостережения противников ультразвука о сложности нахождения места в тепловых пунктах для таких длинных прямых участков, на подавляющем большинстве объектов предусмотреть их не представляет особого труда. Если все же эта проблема остается актуальной, одним из вариантов ее решения является использование в пределах РУ специально сконструированных конфузоров или сопел, предназначенных для выравнивания эпюры скоростей. Благодаря этим приспособлениям протяженность прямого участка, равно как и его наличие, перестает играть столь определяющую роль. Если же рассматривается традиционный вариант исполнения РУ, то проблема прямых участков исследуется для каждого конкретного случая в отдельности. При этом можно с достаточно высокой степенью достоверности воспользоваться технологиями численных гидродинамических экспериментов. Такие эксперименты гораздо дешевле натуральных, а возможности визуализации различных эффектов динамики жидкости у них намного шире. Таким образом, разработчики ультразвуковых расходомеров уже на стадии проектирования могут определить необходимую и достаточную длину прямого участка, которая зачастую оказывается существенно меньше нормативной (даваемой с запасом).

Так, после проведения ряда численных экспериментов для двух вариантов исполнения ультразвукового расходомера установлено следующее [2]:

- при расположении РУ на расстоянии 2Ду от плавного сужения в обоих случаях погрешность (без дополнительных стабилизирующих устройств) не превышала по абсолютной величине 0.5%;
- в одном из вариантов исполнения при расположении РУ на расстоянии 2Ду от плавного расширения прибор производил измерения с погрешностью до 1%.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: во-первых, не все местные сопротивления, находящиеся перед ультразвуковым расходомером, существенно ухудшают точность его показаний; во-вторых, каждый объект установки ультразвукового расходомера можно рассчитать на получение необходимой и достаточной длины прямого участка; и, наконец, в-третьих, можно надеяться, что со временем комплектация расходомерного участка со специально профилированными вставками даст возможность минимизировать длины прямых участков или отказаться от них вообще.

Мнение 2. О том, что тепловодосчетчики с накладными и врезными ультразвуковыми датчиками могут обеспечить высокоточное измерение расхода на реальных объектах.

Мнение 2 (другой вариант) О том, что для организации коммерческого учета на больших расходах достаточно купить дешевые накладные или врезные ультразвуковые датчики расхода, и не стоит тратить средства на более дорогой метрологически поверенный расходомерный участок.

Достаточно проблематичным аспектом ультразвуковой расходометрии считаются накладные и врезные измерители расхода, производители которых иногда присваивают им весьма высокий класс точности, достигающий в некоторых случаях 1.

Негативное отношение к этим ультразвуковым приборам обусловлено опытом установки, который вызывает много нареканий на худшую (по сравнению с обычными) точность получаемых показаний, на их нестабильность, на необходимость неоднократной наладки прибора и т. п. Многие расходомеры с врезными и накладными ультразвуковыми датчиками допускают «уникальную» возможность «адаптации» своих характеристик под конкретный объект прямо на месте эксплуатации (понятно, что в этом случае о метрологии речь вообще уже не идет).

Вспомним публикацию В.Н. Игнатова, М.О. Фикса и др. «Автоматизированная система учета тепловой энергии и энергоносителей ТЭЦ ВАЗА» об опыте монтажных, пуско-наладочных работ и вводе в эксплуатацию накладных ультразвуковых датчиков расхода [3]. Такая информация, конечно же, отпугивает потребителей и дискредитирует ультразвуковой метод измерения в целом. На самом деле, довольно часто негативный опыт использования накладных и врезных ультразвуковых датчиков для измерения расхода обусловлен не столько проблемами самого этого метода измерения, сколько невозможностью точного соблюдения всех его необходимых требований в реальных условиях. Ведь при таком методе измерения для обеспечения высоких метрологических характеристик необходимо:

- иметь очень точное (а значит, дорогостоящее) оборудование, чтобы производить замеры диаметра трубопровода, анализировать отклонение от круглости в сечении трубопровода, с высокой степенью точности позиционировать ультразвуковые датчики на трубе;

- владеть достоверной информацией о материале трубопровода и материале специальной прокладки между датчиком и трубопроводом (для накладных датчиков), чтобы не допустить ошибок при вводе этих сведений в программу обработки измерительной информации;

- наконец, пользоваться услугами высококлассных специалистов-монтажников подобных устройств.

Конечно, теоретически выполнить все перечисленные требования просто, что успешно иллюстрируется во многих технических описаниях на такие приборы. Однако когда работы по монтажу ультразвуковых датчиков выполняются реальным установщиком или сварщиком на грязной и ржавой трубе реально работающего объекта, то общая безмятежная картина обеспечения такими приборами заявляемой высокой точности становится намного менее впечатляющей.

Для начала рассмотрим, к чему приводят отдельно взятые отклонения некоторых важных для измерения расхода параметров.

Так, внешний диаметр трубы в основном определяется по результатам замеров внешней окружности трубы. Причем, как показывают исследования Британской национальной инженерной лаборатории NEL [4] (рис. 1), погрешность измерения расхода уменьшается с увеличением диаметра трубы и возрастает с увеличением толщины стенки трубы. Только для труб с диаметром больше 200 мм погрешность измерения расхода уже не зависит от толщины стенки, на меньших же диаметрах это влияние существенно, равно как и величина погрешности измерения.

Отклонение от круглости в сечении трубопровода иногда ошибочно не учитывается и предполагается, что труба имеет идеально круглое поперечное сечение, хотя в реальности достаточно часто оно представлено эллипсом. В этом случае, если измерять диаметр при помощи так называемой мерной штанги, проходящей через центр трубы под определенным углом, то погрешность будет существенно зависеть от правильности выбора данного угла (рис. 2). Как видно из рисунка, при угле, равном 0° , диаметр трубы будет несколько больше, чем при угле, равном 90° .

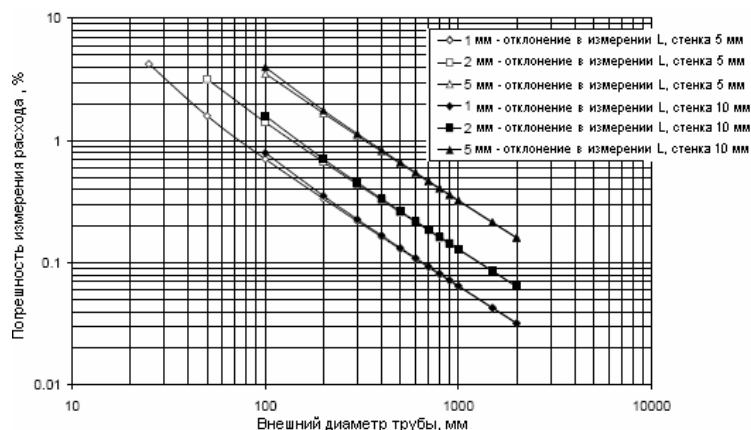


Рис. 1. Зависимость погрешности измерения расхода от неточности измерения длины внешней окружности трубопровода L

В результате, погрешность по данным той же Британской национальной инженерной лаборатории NEL [4] (рис. 3) будет соответственно варьироваться в пределах $\pm 5\%$. Причем, зависеть она будет не столько от возникшей эллипсности, сколько от существенного искажения характера распределения скоростей по сравнению с трубой круглого сечения. Последний фактор отразится на изменении поправочного коэффициента k , используемого при нахождении расхода и учитывающего отличие распределения скоростей по сечению от распределения скоростей по длине канала зондирования потока.

Существенное влияние на точность измерения расхода оказывает также и угол, образуемый между линией установки ультразвуковых датчиков и осью трубы. При этом в реальных условиях на возможное отклонение данного угла от номинального значения влияет не только точность установки врезных или накладных датчиков на трубу, но и шероховатость поверхности на стенках трубопровода, а также изменение свойств материала прокладки между трубопроводом и ультразвуковым датчиком (в случае применения накладных датчиков). Все это в конечном итоге непременно отражается на точности измерения расхода.

Еще одним негативным моментом при использовании накладных ультразвуковых датчиков является частичное отражение акустических колебаний от поверхности раздела твердой и жидкой сред и распространения их в стенке

трубы. При этом поперечные звуковые волны могут достичь приемного пьезоэлемента раньше, чем волны, распространяющиеся через жидкость.

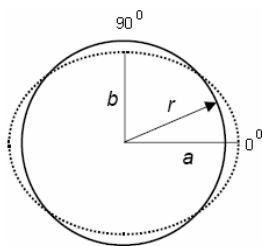


Рис. 2. Эллиптическое искажение формы поперечного сечения трубы

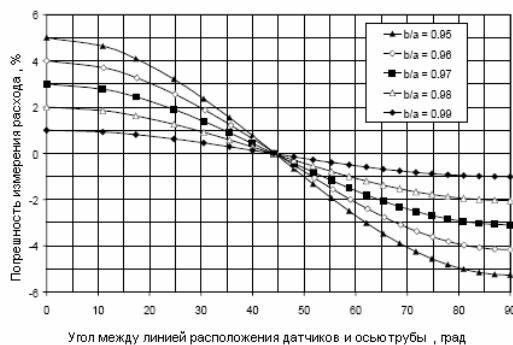


Рис. 3. Зависимость погрешности измерения расхода от угла расположения линии датчиков относительно оси трубы при разной величине эллиптности b/a

Чтобы учесть в целом многообразие основных влияющих факторов на точность измерения расхода при помощи накладных или врезных датчиков воспользуемся формулой определения среднеквадратической погрешности измерения расхода [5]:

$$\sigma_Q = \sqrt{\sigma_d^2 + \frac{4\sigma_\alpha^2}{\sin^2 2\alpha} + 4\sigma_c^2 + \sigma_k^2 + \sigma_{\Delta t}^2 + \sigma_p^2},$$

где σ_d , σ_α , σ_c , σ_k , $\sigma_{\Delta t}$, σ_p - среднеквадратические погрешности за счет вариаций диаметра расходомерного участка d , угла излучения акустических колебаний в поток α , скорости ультразвука c , поправочного коэффициента k , измерения интервала времени Δt , реверберации ультразвуковых волн в преобразователе p .

Если вариация скорости ультразвука при изменении температуры в пределах $\pm 5^\circ\text{C}$ и давления среды в пределах $0 \div 10 \text{ кгс/см}^2$ дает максимальное значение среднеквадратической погрешности $\sigma_c = 0,9\%$, то с учетом максимальных относительных погрешностей: измерения диаметра $\delta_d = 1\%$, учета гидродинамического поправочного коэффициента $\delta_k = 5,4\%$, измерения угла излучения колебаний $\delta_\alpha = 1\%$, - среднеквадратическая погрешность измерения расхода в целом σ_Q будет равняться $3,5\%$. При этом не учитывались среднеквадратические погрешности за счет вариаций: измерения разности Δt времен прохождения акустического сигнала и реверберации p ультразвуковых волн. Расчеты проводились с учетом того, что при доверительном интервале 2σ предельная погрешность измерения расхода $S_Q = 2\sigma_Q$ [6].

Данный пример хорошо иллюстрирует случай, когда, казалось бы, незначительные отклонения основных компонентов определения расхода дают весьма значительную погрешность измерения, неприемлемую в области коммерческого учета.

Выход из сложившейся ситуации для потребителя прост - либо потратить меньше денег и верить в идеальные параметры трубы и в мастерство установщика при монтаже врезных (накладных) датчиков, либо потратить чуть больше денег и устанавливать традиционные метрологически поверенные расходомерные участки со стабильными показаниями и высокой надежностью при эксплуатации. Другими словами, если потребителю надо, «чтобы было недорого и что-то считало», то надо выбрать первый вариант, если же есть желание действительно наладить высокоточный коммерческий учет, а не заниматься потом «сведением» и «разведением» развезжающихся каналов, то есть смысл потратиться один раз и выбрать второй вариант – метрологически поверенный расходомерный участок.

В действительности, на сегодняшний день установка накладных или врезных датчиков для коммерческого учета, несмотря на меньшую стоимость их исходного комплекта по сравнению с обычным расходомерным участком, обойдется потребителю намного дороже и принесет больше проблем, чем пользы и выгоды:

- появятся дополнительные затраты на покупку дорогостоящего монтажного и юстировочного оборудования, а также привлечение высококлассных специалистов-монтажников;

- при возникновении значительных погрешностей, которые даже в случае идеального монтажа могут иметь место в результате изменения свойств уплотнителя между накладным датчиком и трубопроводом, зарастания проходного сечения трубопровода и т. д., инспектор узла учета обяжет потребителя платить штрафы;

- и, наконец, если подсчитать убытки от неточности показаний накладных или врезных ультразвуковых расходомеров, то окажется, что стоимость комплекта метрологически поверенного расходомерного участка обойдется дешевле.

По вышеуказанным причинам фирма «СЕМПАЛ» полностью прекратила выпуск врезных ультразвуковых датчиков расхода для коммерческого учета еще в 1997 году. С нашей точки зрения, врезные и накладные ультразвуковые датчики могут использоваться только для технологического учета, не требующего высокой точности.

Добавим, что некорректная установка врезных и накладных датчиков дискредитирует ультразвуковой метод измерения в целом.

Мнение 3. О том, что ультразвуковая расходомерия достаточно «элитарна» и имеет очень узкие сферы применения

Казалось бы, сегодня «сферы влияния» в коммерческом учете энергоносителей четко поделены, и трудно найти объект, где еще не установлена контрольно-измерительная техника. Однако такие объекты все-таки существуют, и, как правило, объясняется это тем, что учет там вести кому-то просто невыгодно.

Речь пойдет о котельных. На многих из них приборный учет на должном уровне либо не ведется, либо производится с использованием морально устаревших диафрагменных узлов, которые не только не удовлетворяют современным требованиям по точности измерений, но и являются дополнительными гидравлическими сопротивлениями на выходе из котельных. При больших диаметрах трубопровода (от 400 мм и выше), использование электромагнитных расходомерных узлов исключается, так как приборы таких диаметров массово не выпускаются в связи со значительными размерами и весом используемой катушки индуктивности. Кроме того, отложение накипи и магнетитов существенно дестабилизируют показания таких средств измерения. Что касается механических вертушек и вихревых преобразователей, то в связи с качеством подаваемого теплоносителя, расходомеры с телом обтекания в потоке не смогут надежно, а главное, точно выдавать показания в течение длительного периода времени.

Выходит, что для использования на котельных ультразвуковым расходомерам реальной альтернативы практически нет.

Сотни тепловосчетчиков СВТУ-10М с диаметрами условного прохода свыше 200 мм уже много лет без нареканий и разного рода искусственных «адаптаций» каналов друг к другу успешно эксплуатируются на самых различных крупных объектах – ТЭЦ, котельных, водоводах, крупных промышленных объектах. Дополнительно неограниченное число тепловосчетчиков СВТУ-10М в системы учета и регулирования любой конфигурации, а также дистанционно контролировать все основные параметры объекта.

На рис. 4 показана работа тепловосчетчика СВТУ-10М с Ду=600 мм на одной из ТЭЦ. Установка всего 2-х таких приборов на прямых и обратных трубопроводах 2-х котельных дала ежемесячный экономический эффект 30 000 Гкал, что при тарифе 12,93 USD за одну Гкал. соответствует сумме 387 900 USD. Общая сумма затрат на установку таких узлов учета обычно не превышает 15-17% от ежемесячной экономии, так что «ультразвук» окупается очень быстро.

Экономический эффект был достигнут за счет замены диафрагменных узлов учета современными ультразвуковыми цифровыми каналами измерения расхода, демонтажа устаревших самопишущих приборов измерения температуры и давления с низким быстродействием и малой точностью. Это позволило обеспечить режимную эксплуатацию котельного оборудования, а также практически мгновенную реакцию на любые изменения многочисленных параметров котельной и теплотрассы, повысить КПД котлов, своевременно обнаруживать утечки, предотвращать аварийные ситуации, и т.п.

Таким образом, область применения ультразвуковых расходомеров не ограничивается лишь измерениями «традиционных» малых и средних расходов. Ультразвуковые теплосчетчики успешно и эффективно используются для организации современного коммерческого учета больших расходов на крупных предприятиях теплоснабжения – котельных и ТЭЦ.



Рис. 4. Двухканальный ультразвуковой тепловосчетчик СВТУ-10М с диаметром условного прохода 600 мм, установленный на ТЭЦ

Мнение 4. О том, что метрологические характеристики ультразвуковых расходомеров с течением времени существенно ухудшаются.

Легенды о том, что метрологические характеристики ультразвуковых расходомеров в отличие от других приборов со временем существенно «плывут» мы слышали от руководителя одной известной фирмы, продвигающей под своей торговой маркой расходомеры самых разных типов, в том числе и ультразвуковые. На это можно возразить только тем, что плох не ультразвуковой метод вообще, а конкретный прибор конкретного производителя в частности.

По опыту фирмы «СЕМПАЛ» в среднем для достижения должной культуры производства и отработки всех технологических нюансов у производителя ультразвуковых приборов в среднем уходит от 5 до 10 лет. Тонкости изготовления таких приборов, методы обработки сигналов и прочие «ноу-хау» Вы не найдете ни в ворохах патентов, ни в горах статей. Ни один крупный производитель ультразвука до конца никогда не публикует свои секреты. Поэтому тем отважным предприятиям, которые собираются заниматься ультразвуком «с нуля» надо быть готовым, что придется пролить много крови и пота на пути, избилующем шипами – розы обычно здесь появляются намного позже запланированных сроков.

Конечно, все вышесказанное не касается фирм-перекупщиков технологий и держателей брендов.

Единственно возможный путь для предприятия, производящего ультразвуковые приборы, – непрерывное совершенствование своей продукции. Так, например, только в 2004 году фирма «СЕМПАЛ» прошла три серии государственных испытаний по улучшению различных характеристик своих теплосчетчиков СВТУ-10М. Выпускаемый в настоящее время теплосчетчик – это уже 6-я версия (модификация) прибора за последние пять лет. На сегодня мы довольны его качеством, но все сотрудники прекрасно понимают, что в ближайшие год-два скорее всего будут введены новые усовершенствования - высокая конкуренция не позволяет стоять на месте.

Мнение 5. О том, что ультразвук – простая для производства технология.

Здесь хорошо подошел бы эпиграф: «Нет смысла постоянно ломать пилу о чугунную гирию в поисках золота. Дешевле один раз купить золотую гирию».

На фирму «СЕМПАЛ» несколько раз поступали сообщения о том, что некоторые предприятия, собирающиеся разрабатывать свои ультразвуковые расходомеры, подробно исследовали наши датчики и вскрывали тепловычислитель, чтобы понять, как все это работает. Наша реакция на это достаточно спокойная - быстро повторить технологию производства ультразвукового прибора довольно сложно.

Так, например, тепловодосчетчик СВТУ-10М включает в себя: 4 ультразвуковых датчика расхода (каждый состоит из более чем 20 тщательно подогнанных механических деталей), до 6 индивидуально калиброванных датчиков температуры, тепловычислитель (включает печатную плату с сотнями самых современных электронных комплектующих производства Западной Европы, США и Японии), кабель с герметичными разъемами, два метрологически поверенных расходомерных участка. В процессе изготовления прибора предусмотрен тройной контроль качества каждой детали, узла и прибора в целом. Кроме того, в СВТУ-10М применены новейшие математические методы обработки информации, постоянно совершенствуется программное обеспечение.

Оправдан ли такой подход? Для многих тысяч клиентов – да, для предприятия-производителя – тоже. Отметим, что ремонт такого количества приборов на фирме «СЕМПАЛ» занимается помимо своей основной работы всего 2 человека, а цех ремонта теплосчетчиков на предприятии вообще отсутствует. Многие тысячи наших приборов еще старого поколения отработали уже более 10 лет и продолжают эксплуатироваться, хотя на них давался 8-летний срок эксплуатации (начиная с 2000 года на все теплосчетчики СВТУ-10М установлен минимальный срок эксплуатации 12 лет).

К слову сказать, предприятие первым в Украине сертифицировано по общеевропейскому стандарту качества ISO-9001:2000, а это значит, что все производственные процессы находятся на достаточно высоком уровне. При этом культура производства любого предприятия вырабатывается годами, и просто взять и скопировать ее не так просто.

Таким образом, ультразвук – сложная в производстве, но зато надежная и по-настоящему современная техника. И поэтому в долгосрочной перспективе выбор качественно произведенного ультразвукового расходомера – всегда оправдан.

Мнение 6. О неоправданной дороговизне ультразвуковых расходомеров.

Это одно из наиболее распространенных мнений относительно ультразвуковых расходомеров. Справедливости ради надо отметить, что действительно цена качественных ультразвуковых расходомеров равна или несколько выше цены электромагнитных приборов, существенно выше цены вихревых и намного выше цены механических вертушек (о некачественных ультразвуковых расходомерах мы вообще здесь не говорим). Но не будем забывать, что технология изготовления ультразвуковых расходомеров намного сложнее и дороже, чем изготовление прибора учета любого другого типа (см. Мнение 5).

К чему приводит экономия на тепловодосчетчиках при массовых государственных или так называемых «тендерных» закупках, когда часто единственным критерием является «побольше и подешевле» – тоже известно. Так, еще 7-8 лет назад в г. Киеве сотнями закупились и устанавливались простые и относительно дешевые приборы одной западноевропейской фирмы. По прошествии всего 3-х лет узлы учета с этими «теплосчетчиками» уже аккуратно вырезались и выбрасывались на свалку, так как восстановлению все это не подлежало. Фирма-поставщик такого «добра» тоже сама собой растворилась. Не та вода оказалась в городе Киеве: ржавая слишком, да и грязная какая-то.

На место выброшенного металлолома, вторично потратив немалые государственные деньги на проектно-монтажные и пуско-наладочные работы, поставили более дорогие приборы, в основном – теплосчетчики СВТУ-10 (тогда еще 1 версии) фирмы «СЕМПАЛ». И не потому, что это предприятие кто-то лоббировал, как отечественного производителя, или просто «бескорыстно» любил. По прошествии 7 лет оправдание этим «дорогостоящим» закупкам оказалось только одно – успешная работа по сей день, - и, по нашему опыту, еще минимум 5-7 лет при минимальном обслуживании. Кроме того, периодически бегать в теплосчетчики и менять фильтры для этих ультразвуковых приборов не нужно – фильтры просто не требуются.

Как говорится, «мы не настолько богаты, чтобы покупать дешевые вещи». Потребитель может подсчитать, что дешевле – один раз минимум в 12 лет заплатить за проектно-монтажные работы и поставить надежный, точный и современный прибор учета или за эти же 12 лет 2-3 раза потратиться на проект, монтаж и дешевый прибор, а в промежутках тратить деньги еще на его непрерывное «техническое обслуживание» и ремонт. Хотя, если жить на «сервисном обслуживании», то иногда выгоднее ставить именно дешевый и ненадежный. Так что выбор и у потребителя, и у установщика есть всегда.

При выборе дорогого и надежного прибора последующие затраты установщика и потребителя практически равны нулю. То есть все равно лучше не экономить «на спичках».

Мнение 7. О том, что кроме высокой цены ультразвуковых расходомеров их ремонт также обходится дорого.

О высокой цене ультразвуковых расходомеров достаточно сказано в Мнении 6. Что же касается их ремонта – то действительно, если по ультразвуковому датчику ударить молотком, расходомер выйдет из строя. Для большинства производителей таких приборов единственным выходом будет менять весь расходомер, поскольку он представляет собой монолитную конструкцию с датчиком (тепловычислитель прикреплен к расходомерному участку, в который встроены датчики). Это действительно повлечет значительные расходы у потребителя.

Однако, при выходе из строя ультразвукового датчика в тепловосчетчике СВТУ-10М стоимость ремонта минимальна. В этом приборе вышедший из строя датчик можно легко заменить, так как он достаточно просто отсоединяется от расходомерного участка, а к кабелю подключается через разъем. Поэтому стоимость ремонта в этом случае определяется лишь стоимостью замененного датчика ультразвука.

Мнение 8. О том, что метрологические характеристики ультразвуковых расходомеров на горячей воде обычно «уходят» на 8-10%.

Если производитель ультразвуковых приборов тщательно довел «до ума» технологию выпуска своих приборов, то этого не происходит. Прибор остается в классе при любой температуре воды. Ниже приводятся два примера, которые это подтверждают.

С ноября 2004 г. по февраль 2005 г. Укрметртестстандарт впервые начал проводить испытания на присвоение межповерочного интервала, равного 4 годам (до этого с 2000 года **всем приборам** в Украине в лучшем случае присваивался двухлетний МПИ). Первым тепловосчетчиком в Украине, который успешно прошел данные испытания, стал СВТУ-10М. Испытания заключались в непрерывном круглосуточном проливе прибора на горячеводной проливной установке при температуре воды $85\pm 5^{\circ}\text{C}$ на протяжении 100 суток (100 циклов по 24 часа) при различных значениях расхода, изменяемых по определенной программе, показанной на рис. 5.

В процессе пролива также периодически контролировались метрологические характеристики прибора, как на холодной, так и на горячей воде при температурах 25°C и 85°C , соответственно. В результате СВТУ-10М (Ду-32, класс точности 1) успешно подтвердил свои метрологические показатели во всем диапазоне изменения расходов, как на холодной, так и на горячей воде. Результаты контрольных проливов одного из испытываемых приборов СВТУ-10М до и после 100-суточных испытаний показаны на рис. 6.

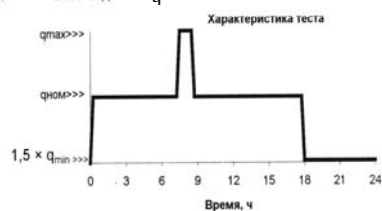
Еще один пример успешного пролива ультразвукового прибора учета на горячей воде – недавние испытания в г. Минске тепловосчетчика СВТУ-10М (диаметр условного прохода Ду 150, класс точности 2) на горячеводной проливной установке МР-400, установленной на УП «Минсккоммунтеплосеть» 19 и 20 апреля 2005 г. (рис. 7).

Испытания проводились методом сличения с показаниями образцового расходомера. Несмотря на то, что при установке прибора на указанный проливной стенд требуемые длины прямых участков до и после РУ обеспечить по техническим причинам не удалось (они были меньше указанных в «Руководстве по эксплуатации»), испытываемый прибор полностью подтвердил свой класс точности. Пролив продолжался два дня: в первый день – на температуре $22-28^{\circ}\text{C}$, во второй день – на температуре $87-89^{\circ}\text{C}$. Измерения проводились в шести точках диапазона по четыре измерения в каждой точке. При этом случайная составляющая погрешности СВТУ-10М при минимальных расходах находилась в пределах $\pm 0.6\%$, на всех других – не превышала величины $\pm 0.3\%$ (при этом напомним, что на минимальных расходах допустимые пределы основной погрешности прибора составляют $\pm 3\%$, а в средней и верхней части диапазона – $\pm 2\%$). Возможно, если бы прямые участки были выдержаны, то данный СВТУ-10М скорее всего соответствовал бы классу 1. Именно такой класс он за неделю до этого и подтвердил с достаточным метрологическим запасом при предварительных проливах на холодноводной установке ЗАО «Асвега-У» в г. Киеве. Кроме того, возможна также небольшая разница между двумя этими проливными установками.

Итак, общий вывод: если культура производства предприятия-изготовителя ультразвуковых расходомеров действительно высокая, а все технологические операции отлажены при многолетнем выпуске, то такие приборы корректно и надежно производят измерения расхода при заявляемых производителем температурах – от 0 до 150°C .

Параметры испытаний

Длительность одного теста	24 ч
Количество тестов	100
Температура воды	85 ± 5 °C
Общая длительность испытаний	2400 год



Контроль погрешности СВТ

Рис. 5. Параметры государственных испытаний тепловосчетчика СВТУ-10М на присвоение межповерочного интервала 4 года



Рис. 7. Проливные испытания СВТУ-10М (Ду-150, класс точности 2) на горячеводной проливной установке УП «Минсккоммунтеплосеть»

Пользуясь случаем, фирма «СЕМПАЛ» благодарит своих белорусских коллег из СООО «СЕМПАЛ-БЕЛ» и специалистов УП «Минсккоммунтеплосеть» за организацию и высококвалифицированное проведение данных испытаний.

И в первом, и во втором случае проливные испытания проводились силами независимых метрологов, поэтому какие-либо «подгонки» или «подстройки» характеристик приборов к проливным стендам со стороны фирмы-производителя были полностью исключены.

Мнение 9. О том, что ультразвуковые расходомеры не выдерживают работы на заявляемой производителями температуре теплоносителя, равной 120 - 150°С.

Однажды от представителя солидной метрологической организации пришлось услышать, что силами их сотрудников были испытаны термосопротивления от ультразвукового расходомера одного из известных западноевропейских производителей. При этом, когда температура была доведена до заявляемой производителем величины 120°С (а эта величина заявлялась специально для рынка СНГ, в Европе это было не нужно), разъемы, не выдержав такой температуры, начали плавиться и датчики вышли из строя.

Для исключения подобных неприятностей фирма «СЕМПАЛ» еще несколько лет назад длительно испытала все комплектующие изделия прибора СВТУ-10М, устанавливающиеся на трубопроводе, на температуре 150°С. В результате были

проведены небольшие конструктивные доработки, и на сегодня можно уверенно утверждать, что и датчики расхода, и датчики температуры из комплекта тепловосчетчика СВТУ-10М полностью корректно работают при температурах теплоносителя 150°С на протяжении срока эксплуатации данного прибора.

Мнение 10. О том, что ультразвуковые расходомеры обладают невысокой помехоустойчивостью и сами могут генерировать помехи.

Возможно, что существуют такие ультразвуковые расходомеры, но это скорее исключение, чем правило. Что касается, например, тепловосчетчика СВТУ-10М, то два года назад были внесены дополнительные изменения в технологию изготовления прибора с целью повышения его помехоустойчивости. После этого были успешно пройдены дополнительные многомесячные испытания данного прибора на электромагнитную совместимость. Испытания подтвердили, что тепловосчетчик СВТУ-10М полностью удовлетворяет требованиям раздела 5.5. ГОСТ Р 51649-2000 «Теплосчетчики для водяных систем теплоснабжения. Общие технические условия». А этот пункт, в свою очередь, включает еще 8 ГОСТов, предполагающих проведение серьезных испытаний на устойчивость к электростатическим разрядам, к радиочастотному электромагнитному полю, промышленным радиопомехам и т.д. Поэтому общий вывод о низкой помехозащищенности всех ультразвуковых расходомеров можно считать необоснованным.

Мнение авторов. О том, что при рассмотрении вопросов практического применения ультразвуковых расходомеров пора, наконец, переходить от некоторых устоявшихся, но не всегда обоснованных мнений к реальным фактам.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

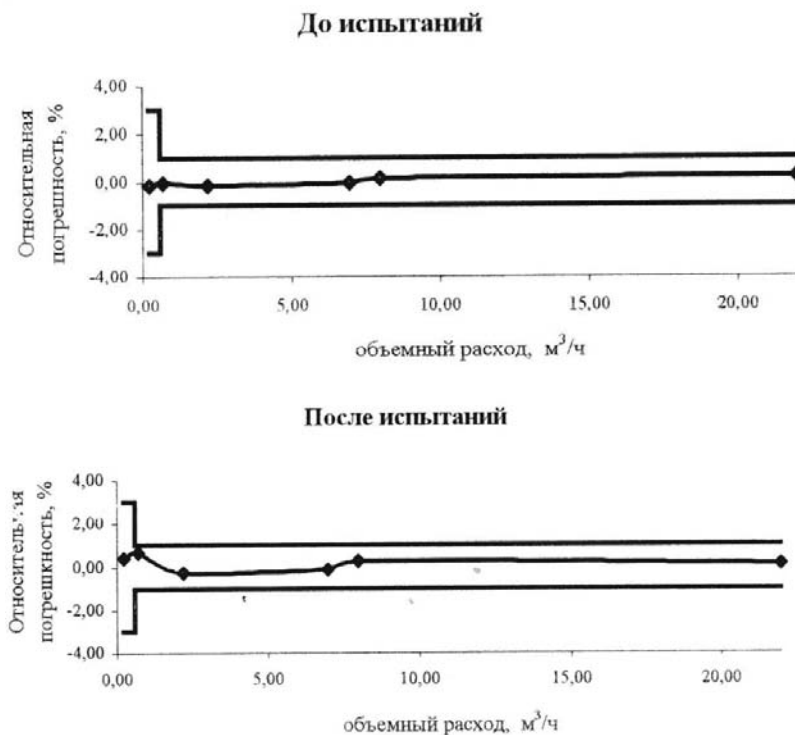


Рис. 6. Результаты контрольных проливов тепловосчетчика СВТУ-10М до и после 100-суточных испытаний на горячеводной проливной установке при температуре 85°С

проведены небольшие конструктивные доработки, и на сегодня можно уверенно утверждать, что и датчики расхода, и датчики температуры из комплекта тепловосчетчика СВТУ-10М полностью корректно работают при температурах теплоносителя 150°С на протяжении срока эксплуатации данного прибора.

1. Длинные прямые участки, до недавнего времени считавшиеся проблемой ультразвуковой расходомерии, уже сегодня в большинстве случаев можно существенно укоротить. А вообще поиск места под прямые участки на подавляющем большинстве объектов не является проблемой.
2. Накладные и врезные ультразвуковые датчики имеют право на существование, но только в области некоммерческого технологического учета. Для коммерческого учета их следует заменять метрологически поверенными расходомерными участками, работающими на том же методе измерения. При этом потребитель не только не проиграет, но и выиграет, получив реальный компромисс между стоимостью, точностью, надежностью и долговечностью.
3. Ультразвуковые расходомеры-теплосчетчики, успешно решая проблемы комплексного учета и рационального использования энергоресурсов, находят все новые и новые области использования (например, на котельных), принося существенный экономический эффект.
4. Высокое качество изготовления ультразвуковых теплосчетчиков, вырабатываемое годами, способствует тому, что гарантия работы таких приборов в заявляемых условиях абсолютно подтверждается, они не создают помех при работе, являются очень надежными и стабильными, опровергая все мнения о многочисленных недостатках ультразвукового метода измерения. Вещественным доказательством вышесказанного является тепловодосчетчик СВТУ-10М, срок гарантии которого с 2005 года увеличен до 4 лет.

Литература.

1. Гришанова И.А., Покрас С.И., Покрас А.И. Ультразвуковая расходомерия: дорогая экзотика или современный метод измерения? // Материалы XX-й международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей» 23-24 ноября 2004. – Санкт-Петербург.-2004.- С. 215-224.
2. Using Computational Fluid Dynamics Methods to Predict Ultrasonic Meter Installation Errors // Guidance Note #33, NEL.
3. Игнатов В.Н., Фикс М.О., Цванг П.С., Горбунов Н.Ф. и др. Автоматизированная система учета тепловой энергии и энергоносителей ТЭЦ ВАЗА // Материалы 2-й международной научно-практической конференции «ТЕПЛОСИБ-2003».– Новосибирск.-2003.-С.3-14.
4. Clamp-on Ultrasonic Meters // Project No: FDWM04, NEL.
5. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник.–Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 701 с.
6. Филатов В.И. Анализ ультразвукового метода измерения расхода веществ // Измерительная техника. – 2000. - №1. – С. 24-35.

Сведения об авторах:

Покрас С.И. – генеральный директор фирмы «СЕМПАЛ», к.т.н.

Покрас А.И. – директор фирмы «СЕМПАЛ», к.т.н.

Гришанова И.А. – ведущий инженер фирмы «СЕМПАЛ», к.т.н.

ООО «Фирма «СЕМПАЛ»

Украина, 03062, г. Киев, ул.Кулибина, 3

Тел/факс: (+38 044) 239-21-97, 239-21-98

E-mail: info@sempal.com Интернет-сайт: www.sempal.com