



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СЧЁТЧИК ГАЗА

CMT-SMART

в едином информационном
пространстве

СОДЕРЖАНИЕ

Рынок учёта газа: тенденции развития.....	4
Микротермальный принцип измерения – современный подход к построению бытовых счётчиков газа....	11
Модуль SGM 70xx - базовый элемент современного газового счётчика.....	26
Счётчик СМТ-Смарт: технические характеристики и функциональные возможности.....	39
Средства защиты счётчика газа СМТ-Смарт. Современный подход к выявлению несанкционированных вмешательств.....	50
Диагностика работы газового счётчика СМТ-Смарт - важный элемент интеллектуальной системы учёта газа.....	58
Счётчик СМТ-Смарт: испытания, сертификация и вопросы метрологии.....	63
Счётчик СМТ-Смарт: вопросы и ответы.....	77
Счётчик СМТ-Смарт: новые возможности.....	99
Умный счётчик для интеллектуальной системы учёта газа: есть ли выбор?.....	103
СМТ-Смарт: от просто счётчика газа к комплексу учёта газа.....	114
Газсеть-Шлюз: программный интерфейс для интеграции интеллектуальных счётчиков газа в единую информационную систему учёта.....	125

Тематика статей сборника охватывает широкий круг вопросов, связанных с применением микротермального способа измерения расхода природного газа. Рассмотрены теоретические аспекты данного способа, показаны его преимущества, к которым относятся – прямой метод измерения объёма газа, приведённого к стандартным условиям, невосприимчивость к различным внешним возмущающим воздействиям, возможность определения комплексных теплофизических параметров измеряемого газа. Подробно рассмотрена конструкция и основные технические характеристики счётчика СМТ-Смарт, основанного на применении микротермального способа измерения, показаны его преимущества по сравнению с конструкциями счётчиков газа, основанных на традиционных способах измерения расхода газа. Впервые для данного вида продукции сформулированы требования к встроенной системе самодиагностики работоспособности счётчика, определены основные параметры её работы.

В связи с развитием интеллектуальных систем учёта газа сформулированы требования к счётчикам газа для работы в составе данных систем, а также подробно рассмотрены возможности программно-технического комплекса ПТК «Газсеть», обеспечивающего подключение электронных корректоров и счётчиков газа различных производителей к интеллектуальной системе верхнего уровня.

Материалы сборника могут представлять интерес для специалистов газораспределительных, проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций, а также широкого круга потребителей, применяющих газоизмерительное оборудование для коммерческого и технологического учёта природного газа.

РЫНОК УЧЁТА ГАЗА: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ



Авторы:

ЛЕВАНДОВСКИЙ Владимир Александрович
Директор по развитию ООО «Техномер»



ДОНЕЦ Николай Иванович
Директор филиала ООО «Техномер»
г.Москва

Тенденции развития современного общества предполагают широкое внедрение цифровых технологий во все сферы жизни. Начиная от частной жизни человека со всеми умными предметами, которые его окружают и используются им, до грандиозных бизнес-процессов холдинговых компаний, электронных цифровых услуг государства и частного бизнеса. Все эти действия направлены в конечном итоге на улучшение качества жизни, и каждый из нас уже ощущает их на себе в нашей современной жизни. Смартфоны, электронные платежи, 3D–моделирование, искусственный интеллект, цифровое TV – стали повседневными атрибутами нашей жизнедеятельности.

Одним из ключевых направлений цифровых трансформаций являются цифровые технологии интернет продуктов IoT (Internet of Things). Постепенно все больше объектов физического мира подключаются к интернету, что позволяет обеспечить сбор информации, а также осуществить удалённое управление этими объектами. Можно привести такое сравнение: если ранее различные приборы подключались к электрическим сетям, то сейчас к интернету. Одним из приоритетных направлений развития является проникновение цифровых технологий в процесс измерения поставляемых энергоресурсов,

таких как: электричество, газ, тепло, вода.

Для потребителя энергоресурсов существуют очевидные преимущества использования цифровых технологий: это оперативность и достоверность предоставления информации. В этом случае снимается множество проблем и спорных вопросов во взаимоотношениях между поставщиками и потребителями. Далее поставщик и потребитель могут дистанционно и оптимальным образом управлять энергопотреблением с целью снижения энергозатрат, диагностировать работоспособность оборудования, что позволяет своевременно проводить ремонт и обслуживание, выявлять нарушения, несанкционированные вмешательства.

Для отрасли газоснабжения тенденции проникновения цифровых технологий в область измерения объёма газа являются актуальными и востребованными. В связи с этим выдвигается ряд новых требований к приборам учёта и к системе в целом. Ведь только с использованием цифровых технологий возможно организовать интеллектуальную систему учёта газа. Под интеллектуальной системой учёта газа понимается комплекс оборудования измерения объёма газа, средств связи и обмена информацией, программных и логико-математических средств для реализации основной задачи – достоверного учёта газа в режиме прозрачных и доверительных отношений между поставщиком и потребителями газа.

Основным элементом интеллектуальной системы учёта газа являются измерительные устройства, выполненные с применением цифровых технологий и удовлетворяющие требованиям, предъявляемым системой.

Для понимания картины современных требований к узлам учёта газа рассмотрим краткую историю их развития. Сразу скажем, что речь идет об учёте в газовых сетях низкого давления для коммунально-бытового назначения. С одной стороны, потребление газа для индивиду-

альной точки потребления, казалось бы, не большое, но за счёт огромного количества потребителей объём общего потребления в некоторых регионах сравним с промышленностью. А с учётом огромного количества населения, подключённого к газовым сетям, эта задача имеет важную социальную составляющую.

В прошлом, на начальном этапе становления системы учёта газо-потребления, требовались счётчики, которые измеряли объём газа без учёта реальных условий эксплуатации, а именно без учёта температуры давления, т.е. измерялся объём потребленного газа в рабочих условиях. Измеренный объём считывался из отсчётного устройства самого счётчика и передавался поставщику каким-либо образом, например, почтовой квитанцией. Для выполнения этих задач измерения рабочего объёма применялись счётчики в основном диафрагменного типа. Они отличным образом справляются с поставленными требованиями. Они точны, надежны в работе и не требуют технического обслуживания. До определенного момента измерение рабочего объёма удовлетворяло поставщика. Погрешности учёта, вызванные изменением температуры, не влияли существенным образом на баланс потребления газа. С увеличением абонентов в газовой сети такое состояние дел начало беспокоить поставщика газа. Стали очевидным образом выявляться объёмы газа, потерянного поставщиком, вызванные изменением температуры. Расчет оказался простым – на каждые 3°C погрешность счётчика увеличивалась на 1%. В масштабах страны с континентальным климатом это существенные потери. Поэтому закономерными требованиями являются наличие у счётчиков термокомпенсации с целью устранения дополнительной температурной погрешности. Эти требования производителями счётчиков были реализованы путем внедрения механических и электронных устройств, позволяющих учитывать изменения температуры при измерениях объёма. Эти мероприятия позволили сократить потери от неучтённых объёмов газа.

Следующим пожеланием к совершенствованию системы учёта газа являлось требование к дистанционной передаче измеренных данных. Такое требование возникло у поставщиков газа при реализа-

ции программы АСКУГ (автоматизированная система контроля и учёта расхода газа). И эта программа была реализована и функционирует в настоящее время. Но она охватывает только промышленные объекты с большим объёмом газопотребления. Коммунально-бытовой сектор не входил в этот проект и, соответственно, спроса на бытовые счётчики газа со встроенной телеметрией не было. Производители счётчиков представляли опытные единичные образцы для эксплуатации в реальных условиях. В основном это были диафрагменные счётчики, оснащенные дополнительными устройствами температурной коррекции и блоком телеметрии. Технические решения с термокомпенсацией и встроенной телеметрией использовались в качестве пилотных проектов в южных регионах. Достаточно длительный опыт эксплуатации показал, что недостаточно иметь систему телеметрии для передачи измеренных данных, важно иметь информацию об условиях эксплуатации, выполнять диагностику работы, предупреждать о нештатных событиях, защищать от несанкционированных воздействий. Таких счётчиков с указанным набором функций на тот момент времени не существовало. Попытались решить поставленную задачу при помощи широко известных диафрагменных счётчиков. Но такие попытки, оказалось, имеют ограниченное применение из-за наличия дополнительных электромеханических устройств, которые входят в состав основного прибора. Из-за этого увеличились габариты, усложнилась эксплуатация, увеличилась стоимость. Но самое главное такие счётчики не могли в полной мере реализовать диагностику собственной работы и защитить прибор от внешнего несанкционированного воздействия.

Итак, на рынке узлов учёта для коммунально-бытового сектора возникла потребность в новых приборах и в целом системе измерений, которую можно охарактеризовать как интеллектуальную систему. Потребность в интеллектуальных системах учёта находится в начальной стадии, её тщательно изучают специалисты, чтобы принять верное решение. Ведь система работать не будет если применять устаревшие счётчики с ограниченным набором функций. Создание интеллектуальной системы учёта газа – задача комплексная и должна решаться на

основании глубокой проработки всех аспектов поставленной задачи.

В настоящее время можно сформулировать основные требования к счётчикам газа, которые будут входить в интеллектуальную систему учёта. Этот набор требований не является выпиской какого-то нормативного документа. Это плод рассуждений и размышлений со специалистами газовых хозяйств, которые участвуют в работе отрасли и видят пути оптимизации и улучшения учёта газа. Также учтены результаты длительного процесса эксплуатации систем учёта и ценные замечания специалистов региональных газовых компаний.

Современные требования к счётчику газа:

а) Измерение стандартного объёма.

Мало того, что счётчик измеряет объём с учётом изменения температуры, он должен измерять объём, не зависящий от давления. Таким образом, должен измеряться объём, приведённый к стандартным условиям ($t = 20^{\circ}\text{C}$; $P = 101$ кПа). Подстановочные значения температуры и давления неприемлемы, они ведут к возможным манипуляциям данных.

б) Самодиагностика счётчика.

В процессе длительной работы счётчика могут возникать условия, обусловленные внешними и внутренними факторами, приводящие к дополнительным погрешностям в измерениях и нарушать достоверный учёт газа. Своевременное обнаружение таких инцидентов позволяет избежать дополнительных потерь, порой существенных, в учёте природного газа. Своевременное проведение регламентных и ремонтных работ позволит повысить достоверность учёта.

в) Защита от внешних несанкционированных воздействий.

Достаточно широко известны факты вмешательства в конструкцию счётчиков с целью искажения результатов измерений в сторону существенного их уменьшения. Отсутствие информации о таких нарушениях в конструкции счётчика приводит к потерям в учёте газа. И чем

длительнее такой процесс, тем больше у газопоставляющей организации потерь газа. Своевременная регистрация таких воздействий и передача информации на пульт диспетчера предотвратит потери газа.

г) Дистанционная передача измеренных данных.

Измеренные данные, события, произошедшие во время эксплуатации, изменения в алгоритме работы счётчика, результаты диагностики работы, информация о внешних несанкционированных воздействиях должна своевременно в полном объёме поступать на диспетчерский пункт поставщика газа. А часть информации, касающаяся в основном объёмов потребления и диагностики работы счётчика, должна передаваться в личный кабинет потребителя газа. Кроме этого, счётчик должен иметь возможность работы в режиме двухстороннего обмена данными, т.е. передавать и получать информацию. Получение команд и заданий от диспетчера является важным свойством счётчика. Например, в этом случае имеется возможность менять режим опроса счётчика, т.е. время, полноту данных и т.д. Это позволяет оптимизировать работу счётчика и снизить энергопотребление.

Дистанционная передача данных должна дублироваться путём применения различных технологий связи. В зависимости от региона применения, технических предпочтений региональных газовых компаний, счётчики должны иметь модемы GPRS/GSM связи, каналы оптической и радиосвязи, например, LPWAN.

Наличие всех видов связи в моделях счётчика или в виде опций дает реальные удобства в организации интеллектуальной системы учёта газа.

д) Управление режимами газоснабжения.

При эксплуатации сетей газоснабжения порой возникают аварийные ситуации, когда необходимо прекратить подачу газа абоненту. Таких ситуаций множество, и специалисты газовых хозяйств хорошо знают об этом. Организовать управление этих процессов возможно путем применения запорного клапана, встроенного непосредственно в конструкцию счётчика. Требования к запорному клапану должны быть особыми. Он, безусловно, должен обеспечивать абсолютно

надежную и безопасную работу счётчика. Счётчик со встроенным клапаном должен иметь двухстороннюю связь с диспетчером газового хозяйства, надёжно выполнять его команды по согласованным условиям договора поставки газа.

Пять современных требований к счётчикам газа, которые мы описали выше, вполне обоснованы. Ведь только применяя счётчики газа с полным набором функций, можно организовать полноценную интеллектуальную систему учёта газа, основанную на цифровых технологиях.

Конечно же, технические требования, которые предъявлялись ранее к счётчикам газа, никуда не исчезли и продолжают действовать. Новые свойства должны быть главным дополнением, с помощью которого можно создать интеллектуальную систему учёта, ориентированную на поставщика и потребителя газа.

В настоящем сборнике статей представлены материалы исследовательских работ и разработки технических решений, которые позволяют создать полноценную интеллектуальную систему учёта газа.

МИКРОТЕРМАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ – СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ БЫТОВЫХ СЧЁТЧИКОВ ГАЗА

Бытовой счётчик газа – прибор, предназначенный для измерения объёма природного газа, полученного потребителем. Основной характеристикой любого счётчика газа является расход – количество газа, проходящего через счётчик в единицу времени. К основным техническим характеристикам счётчика также относятся:

- Величина минимального и максимального измеряемого счётчиком расхода;
- Диапазон рабочих давлений измеряемой газовой среды;
- Потеря давления на счётчике при максимальном измеряемом расходе;
- Предел относительной погрешности измерения;
- Порог чувствительности;
- Диапазон рабочих температур.

По принципу действия наиболее распространёнными видами бытовых газовых счётчиков являются объёмные (диафрагменные, ротационные), турбинные, струйные и ультразвуковые. В соответствии с действующим законодательством счётчики газа относятся к средствам измерений, в связи с чем их основные характеристики регламентируются соответствующими нормативными документами [1], [2]. В таблице 1 приведены примеры бытовых счётчиков газа, выпускаемых различными производителями.

Таблица 1

№	Марка счётчика, производитель	Метод измерения	Тип отсчётного устройства	Коррекция объёма по температуре
1	ВК -G4T ООО «Эльстер Газэлектроника»	диафрагменный	механическое	Да, механическая
2	Омега-Т ЗАО «Газдевайс»	диафрагменный	механическое	Да, механическая
3	Омега-ЭК ЗАО «Газдевайс»	диафрагменный	электронное	Да, электронная
4	СГБ -G2,5 ООО «Сигнал»	диафрагменный	механическое	Нет
5	Гелиос Apator Matrix	диафрагменный	механическое	Нет
6	Гранд 1,6ТК ООО НПО «Турбодон»	струйный	электронное	Да, электронная
7	СГБМ -1,6ТК ООО «Бетар»	струйный	электронное	Да, электронная
8	Геликон G 1,6 ООО «Саяны -Трейд»	струйный	электронное	Нет
9	Тритон-Газ СГР4 ООО «Лиом плюс»	ротационный	механическое	Нет
10	Принц G4 ООО «Завод РаДан»	ультразвуковой	электронное	Да, электронная
11	УБСГ 001 ЗАО «Газдевайс»	ультразвуковой	электронное	Да, электронная

Бытовые счётчики газа, наряду с водосчётчиками и электросчётчиками, массово применяются в жилищно-коммунальном секторе для учёта потребляемых ресурсов. Так, по данным Alto Consulting Group, за 2016 год в России было произведено 1288 тыс. шт. счётчиков потребления газа; лидером в производстве данных приборов в общем объёме производства стал Приволжский федеральный округ с долей около 75,4%. Подавляющее большинство бытовых газовых счётчиков (более 83%), находящихся в эксплуатации, традиционно составляют диафрагменные счётчики с механическим отсчётным устройством, что объясняется их надёжностью, простотой конструкции и относительно невысокой стоимостью.

Однако современные требования к конструкции бытовых счётчиков газа постоянно ужесточаются как применительно к их метрологическим характеристикам – расширению диапазона измерения, значению дополнительной температурной погрешности, наличию механизма пересчёта объёма газа, прошедшего через счётчик, к стандартным условиям, так и к появлению дополнительных сервисных функций, связанных, в первую очередь, с необходимостью самодиагностики счётчика в процессе эксплуатации. Попытка построения современного бытового счётчика газа на базе диафрагменного приводит к появлению встроенного в счётчик электронного устройства на базе микроконтроллера, которое и выполняет функции, отсутствующие в простом механическом счётчике. Таким путем пошли, например, производители счётчика газа ВК-G4ETe [4], однако стоимость данного прибора значительно превышает стоимость счётчика ВК-G4T с механическим корректором, что ставит под сомнение экономическую целесообразность данного проекта.

Также в настоящее время получили распространение счётчики газа, построенные на иных, альтернативных, принципах измерения объёма газа. К ним, в первую очередь, следует отнести приборы, построенные на базе струйного и ультразвукового способов измерения. Отличительной особенностью подобных счётчиков является отсутствие каких-либо подвижных элементов конструкции, находя-

щихся непосредственно в измеряемом газовом потоке, определяющих метрологические характеристики прибора, с одной стороны и обязательное наличие электронного устройства, осуществляющего обработку и отображение результатов измерений, с другой. Достоинства и недостатки приборов, построенных на базе струйного метода, известны и подробно рассматривались ранее [5]. Следует также отметить, что ультразвуковые счётчики газа находят применение в основном для измерения относительно больших расходов газа (свыше $16 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Однако наибольший интерес вызывают счётчики, основанные на измерении зависящего от расхода эффекта теплового воздействия на поток газа. По характеру теплового взаимодействия с потоком тепловые расходомеры подразделяются на термоанемометрические и калориметрические (иное название - микротермальные). Термоанемометрические расходомеры основаны на зависимости между потерей тепла непрерывно нагреваемого тела и скоростью газа, в котором это тело находится. Основное назначение термоанемометров – измерение местной скорости потока и её вектора. Они могут служить для измерения расхода, когда известно соотношение между местной и средней скоростью потока, или когда последняя измеряется непосредственно с помощью термоанемометра. В этом смысле данный метод близок к ультразвуковому – и в том и в другом случаях погрешность измерения расхода напрямую связана с точностью измерения средней по сечению измерительного канала скоростью измеряемой среды. Однако, получение точного значения средней скорости потока требует значительного усложнения (и удорожания) конструкции расходомера. В ультразвуковых приборах это связано с увеличением числа независимых каналов измерения с симметричным их расположением относительно оси измерительного трубопровода; число таких независимых каналов измерения в известных конструкциях ультразвуковых расходомеров может достигать до 5, что, с одной стороны, значительно усложняет и удорожает конструкцию, а с другой – приводит к увеличению размеров расходомера. В термоанемометрических расходомерах для получения средней скорости по сечению приходит-

ся размещать чувствительный элемент – платиновую нить термометра таким образом, чтобы максимально полно охватить сечение измерительного трубопровода, что увеличивает длину нити и делает конструкцию расходомера крайне ненадёжной – обеспечение требуемого натяжения нити без её провисания при нагреве становится трудноразрешимой технологической задачей.

Микротермальные расходомеры измеряют массовый расход измеряемого газа, что является их большим достоинством. Массовый метод измерения позволяет автоматически получать объём газа, приведённый к стандартным условиям, что в настоящее время применительно к бытовым счётчикам газа является актуальным требованием. Описание принципов работы калориметрического расходомера приведено в [6], а теория и принципы построения данного теплового измерителя расхода газа подробно изложены в [7]. Расходомер состоит из нагревателя 2 (рис. 1), расположенного внутри трубопровода и двух датчиков температуры 1 и 3, расположенных на равных расстояниях от нагревателя.

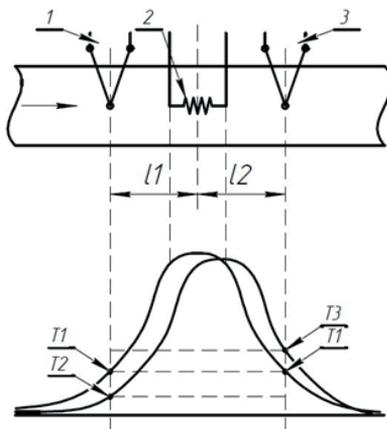


Рис. 1 Микротермальный расходомер

Распределение температур по обе стороны от нагревателя будет зависеть от величины расхода. Так, при отсутствии массового расхода $Q_m = 0$ температурное поле симметрично, однако симметрия нарушается при появлении расхода, в результате по мере роста расхода растет и разность температур $\Delta T = T_3 - T_2$. Зависимость между мощностью нагрева W и массовым расходом Q_m находится из уравнения теплового баланса:

$$W = k_{Cp} \Delta T Q_m, \text{ откуда}$$

$$Q_m = W / k_{Cp} \Delta T, \text{ где}$$

C_p – теплоёмкость газа при температуре $(T_3 + T_2)/2$

k – технологический поправочный коэффициент.

Из анализа уравнения следует, что при $W = \text{const}$, расход Q_m обратно пропорционален ΔT , и чувствительность расходомера падает с ростом расхода. Если же автоматически поддерживать $\Delta T = \text{const}$ путем изменения мощности нагрева, то между Q_m и W будет сохраняться прямо пропорциональная зависимость, что является достоинством данного метода.

Несмотря на указанные выше достоинства данного метода измерений, а также то, что первые образцы расходомеров подобного типа были разработаны уже в 50-х годах прошлого века, они не получили значительного распространения. К причинам этого, в первую очередь, следует отнести отсутствие на тот момент миниатюрных датчиков температуры – все измерения необходимо проводить в тонком пристеночном слое потока газа, когда геометрические размеры датчиков и их конфигурация не оказывают возмущающего воздействия на параметры измеряемого потока.

Ситуация резко изменилась, когда подразделение Heraeus Sensors Technology компании Heraeus Group (Германия) по заказу фирмы Bosch (Германия) разработала тонкоплёночный модуль, на керамической подложке которого методом напыления в едином технологическом цикле изготавливались нагревательный элемент и

датчики температуры, т.е. все то, что необходимо для реализации микротермального принципа измерения расхода газа. На базе этого модуля началось серийное производство автомобильных датчиков массового расхода воздуха серии HFM [8]. Точнее сказать, массовое производство, т.к. без этих устройств невозможна эксплуатация современных инжекторных бензиновых, а также дизельных двигателей, оборудованных топливной системой «common rail». На рис.2 приведена структурная схема модуля и тепловая диаграмма его работы.

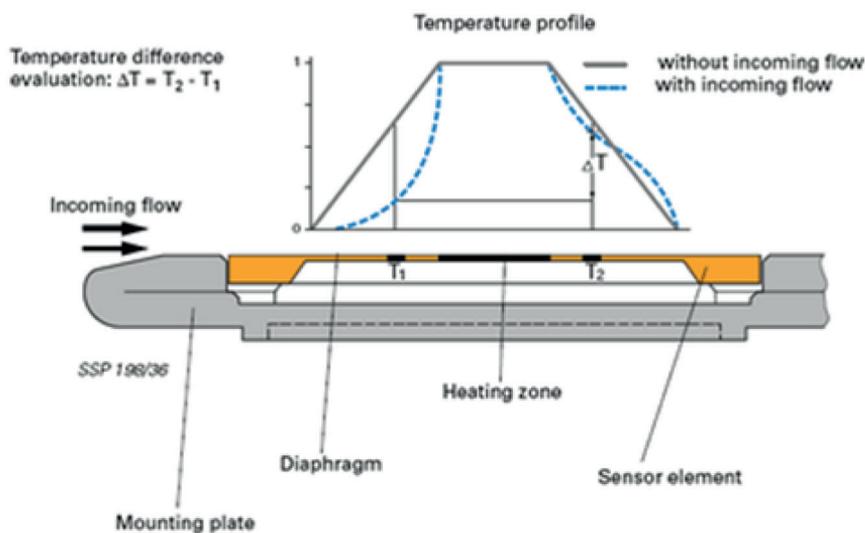


Рис. 2 Структурная схема работы модуля

Структура данного измерительного модуля и диаграмма его работы в основном соответствуют схеме, приведённой на рис. 1. Однако есть и отличия, связанные, в первую очередь, со спецификой работы модуля в автомобиле. На рис. 3 приведена схема электрическая датчика массового расхода воздуха серии HFM, а на рис. 4 – его выходная характеристика.

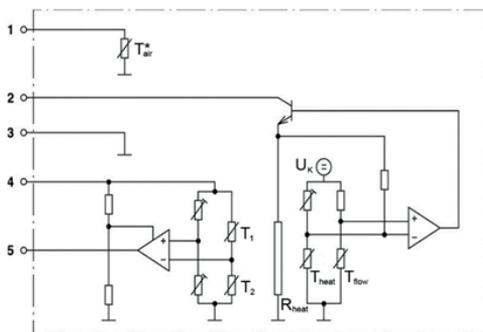


Рис. 3 Схема электрическая датчика серии HFM

Из анализа элементов схемы видно, что кроме датчиков температуры T1, T2 и нагревательного элемента Rheat в схему введены дополнительные датчики температуры Theat и Tflow, включенные в мостовую схему. Первый служит для измерения температуры на поверхности нагревательного элемента, а второй измеряет температуру набегающего потока, в результате чего обеспечивается постоянство перегрева зоны нагрева (heating zone на рис. 2) по отношению к температуре набегающего потока воздуха. Этим обеспечивается постоянство чувствительности модуля при изменении температуры потока в широком диапазоне.

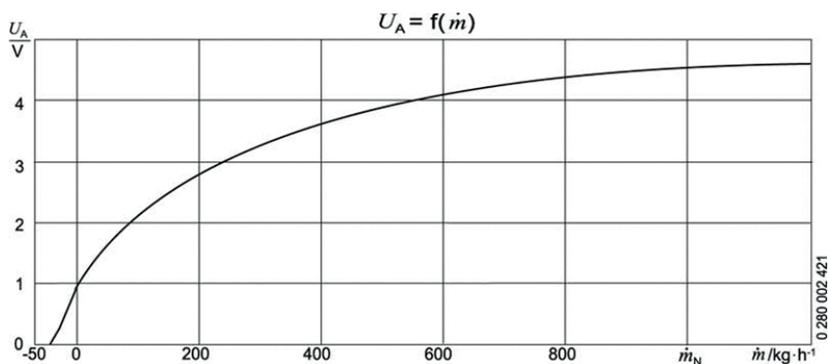


Рис. 4 Выходная характеристика датчика серии HFM

Выходная характеристика датчика – нелинейная, что связано как с выбором метода измерения – работа при постоянной мощности нагревательного элемента, так и с использованием мостовой схемы подключения датчиков температуры T1 и T2. Для обеспечения идентичной выходной характеристики датчиков при их серийном производстве в электрическую схему были введены подборные элементы – резисторы, что в условиях массового производства усложняет регулировку изделий. Поэтому в следующей модификации датчиков массового расхода серии HFM на подложке измерительного модуля были одновременно сформированы все элементы двух мостовых схем, а измерение сигнала и формирование требуемого вида выходной характеристики датчика осуществляется с помощью микроконтроллера и соответствующего встроенного программного обеспечения. На рис. 5 приведён внешний вид измерительной части датчика HFM со встроенным микроконтроллером.



Рис. 5 Внешний вид измерительной части датчика

Структура данного измерительного модуля и диаграмма его работы в основном соответствуют схеме, приведённой на рис. 1. Однако есть и отличия, связанные, в первую очередь, со спецификой работы модуля в автомобиле. На рис. 3 приведена схема электрическая датчика массового расхода воздуха серии HFM, а на рис. 4 – его выходная характеристика.

На рисунке 5 видны измерительный модуль 1, размещённый непосредственно в измеряемом потоке газа, корпус микросхемы 2 с операционными усилителями и микроконтроллер 3. Выходной аналоговый сигнал формируется с помощью цифро-аналогового преобразователя, входящего в состав микроконтроллера. Использование такого подхода позволило решить сразу несколько важных проблем. Во-первых, даже при наличии технологического разброса параметров элементов измерительного модуля в 100% случаев на выходе формируется абсолютно идентичный вид выходной характеристики. Во-вторых, калибровка датчика в процессе серийного выпуска производится полностью в автоматическом цикле, исключая какие-либо ручные настроечные операции. И наконец, в-третьих, любой желаемый вид выходной характеристики датчика может быть получен без какого-либо изменения его конструкции и программного обеспечения, что необходимо при адаптации датчика массового расхода воздуха для каждого конкретного типа двигателя внутреннего сгорания.

Основные технические характеристики датчика HFМ

- Диапазон измеряемых расходов, кг/час от -50 до 1200
- Погрешность измерения, не более, % 3
- Постоянная времени измерения, с 0,03
- Диапазон рабочих температур, °С от - 40 до + 120
- Максимальные ударные перегрузки, не более, g 15

Условия эксплуатации датчика HFМ намного жёстче, чем применяемые к бытовым счётчикам газа, не говоря о таком параметре, как величина ударных перегрузок, - скорее всего любой бытовой счётчик при таких ударных нагрузках попросту развалится. Еще один параметр – требования к качеству измеряемого газа. Для бытовых счётчиков – это «сухой, очищенный от примесей неагрессивный многокомпонентный природный газ по ГОСТ 5542-87». Измерительный модуль датчика HFМ располагается в подкапотном пространстве автомобиля и служит для измерения расхода воздуха, в котором присутствуют частицы пыли, пары топлива, масла, а также продукты выхлопа из цилиндров двигателя; сам датчик при этом отнюдь не является расходным элементом, подлежащем замене каждый раз при прохождении очередного технического обслуживания. Надёжность датчика определяется правилом «3 ppm», действующим в автомобильной промышленности – не более трёх отказов на миллион приборов. Во многом столь высокая надёжность датчика HFМ определяется именно выбранным способом измерения – тепловой микротермальный - и современным исполнением чувствительного элемента – интегральный датчик, где для защиты чувствительных элементов используется пассивирующий защитный слой стекла толщиной несколько микрон.

В связи с развитием нового направления в создании чувствительных элементов, т.н. MEMS-технологии, когда на единой кремниевой подложке формируется не только набор чувствительных элементов, но и всё необходимое обрамление: транзисторы, операционные усилители и другие элементы электрической схемы, многие компании по производству электронных устройств обратились к созданию газовых расходомеров, в основу работы которых положен микротермальный принцип измерения расхода. Так Omron Corporation (Япония) разработала и выпустила на рынок целую линейку датчиков серии D6F [9] для измерения расхода газа. При этом выходным параметром является расход газа, приведённый к нормальным условиям, а результаты измерения не зависят от температуры и давления измеряемой среды, что является характерной особенностью микротермального метода измерения. В основном эти датчики предназначены для изме-

рения расхода воздуха, однако имеются исполнения для измерения натурального газа (13A), а также пропан-бутановой газовой смеси. Обозначение 13A для натурального газа соответствует используемому в Японии стандарту газа с пониженным содержанием метана – не более 88% в общем объеме. Важной особенностью данных датчиков является требование по их калибровке на рабочем типе газа, что несколько сужает область применения данных приборов и усложняет их калибровку на этапе производства. Подробные характеристики приборов данной серии приведены в [10].

Американской фирмой Honeywell выпущена серия датчиков Zephyr [11], также реализованная на базе микротермального метода измерения. Основные технические характеристики приборов данной серии приведены в [12]. Данные приборы обладают очень привлекательным свойством - стандартная калибровка датчика на воздухе распространяется на целый ряд других газов, а именно: гелий, аргон, азот, закись азота, углекислый газ. Кроме этого, потребитель может использовать данный датчик и для работы на других газах, используя поправочный коэффициент для конкретного газа [13]. Важно отметить, что датчик не определяет тип измеряемого газа и тем более не корректирует исходную калибровку, полученную на воздухе. Производителем датчика экспериментально определена группа газов, для которых начальная калибровка на воздухе обеспечивает получение результатов измерения и на группе других газов с продекларированной для воздуха точностью.

Швейцарская компания Sensirion AG является лидером в производстве высококачественных датчиков на основе инновационной технологии CMOSsens, являющейся комбинацией датчика и измерительной электроники в одном чипе. На кристалле размером 2,0x3,5 мм размещены не только нагреватель и датчики температуры, т.е. всё то, что необходимо для реализации микротермального принципа измерения расхода газа, но также необходимое обрамление, включающее аналоговые цепи, микроконтроллер со встроенным аналого-цифровым преобразователем, память, интерфейсные цепи, - словом всё то, что необходимо для построения современного газового расхо-

домера. На рис. 6 приведена топология кристалла чувствительного элемента.

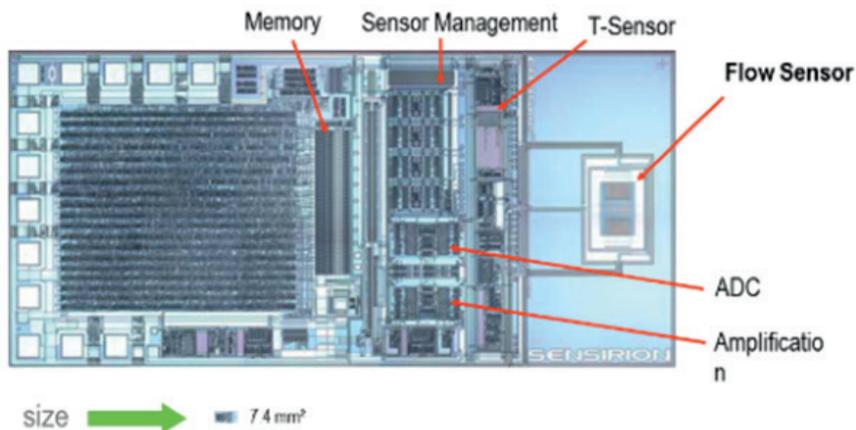


Рис. 6 Топология кристалла

На базе данного кристалла серийно производится массовый расходомер-контроллер SFC5400 [14]. Обращают на себя внимание высокие метрологические характеристики данного расходомера, в т.ч. чрезвычайно широкий диапазон измерения $Q_{max}/Q_{min}=1000:1$, высокая частота измерений расхода - 1000 измерений в секунду, а также то, что в памяти микроконтроллера, расположенного на кристалле, могут храниться не только результаты калибровки на воздухе, но и аналогичные данные по калибровке прибора на других газах и газовых смесях. Уникальной особенностью данного прибора является непрерывный контроль соответствия выбранной калибровочной кривой характеристикам газа в измерительной линии с формированием сигнала ошибки в случае выявленного несоответствия. По совокупности технических параметров расходомер SFC5400 относится к наиболее совершенным приборам, построенным на основе микротермального принципа измерения.

Приведённый перечень приборов, построенных на базе микротермального принципа измерения, далеко не полон. Его можно дополнить приборами Mass Flow Meter (MFM) Type 8710-7716 немецкой фирмы Burkert или серией приборов El-Flowprestige голландской фирмы Bronkhorst High-Tech. Таким образом, всё большее число известных западных фирм разрабатывают и продвигают на рынок счётчики газа, основанные на микротермальном принципе измерения.

Заключение

1. Анализ состояния рынка бытовых счётчиков газа показывает, что наиболее часто потребителями применяются диафрагменные счётчики с механическим отсчётным устройством, что объясняется их надёжностью, простотой конструкции и относительно невысокой стоимостью.

2. Максимально полно современные требования, предъявляемые приборам учёта газа, независимо от использованного в них метода измерения, могут быть удовлетворены только с помощью встроенных электронных устройств и соответствующего программного обеспечения.

3. В связи с развитием сенсоров на базе MEMS-технологии применение микротермального метода измерения является одним из наиболее перспективных направлений при разработке современных бытовых счётчиков газа.

Литература

1. ГОСТ Р 8.915-2016 «Счётчики объёмные диафрагменные. Общие технические требования, методика испытаний и поверки».
2. ГОСТ 8.611-2013 «Расход и количество газа. Методика (метод) измерения с помощью ультразвуковых преобразователей расхода».
3. «Рынок газовых счётчиков. Текущая ситуация и прогноз 2017 – 2021 гг» Alto Consulting Group, Пермь, 2018.
4. «Счётчики газа объёмные диафрагменные ВК-G4ETe, ВК-G6ETe с электронным индексом» Elster Газэлектроника.
5. Золотаревский С.А. «О применимости различных методов измерения расхода газа для коммерческого учёта» // Энергоанализ и эффективность N2 (15), 2006.
6. П.П. Кремлёвский «Расходомеры и счётчики количества» Машиностроение, изд.4, 1989, стр. 375 – 398.
7. Азимов Р.К., Азимов Р. «Тепловые преобразователи направления потока и расхода газов и жидкостей», Москва, Энергоатомиздат, 1993
8. «Hot – film air-mass meter, Type HFM 5» Part number 0 281 002 421, Bosch.
9. «MEMS Flow Sensors. D6F series» Series Catalog, Omron, 2016
10. «MEMS Mass Flow Sensor – D6F. Compact, intelligent sensor featuring MEMS technology for precision mass airflow measurement». Omron Electronic Components Europe B.V.
11. «Honeywell Zephyr Digital Airflow Sensors: HAF Series- High Accuracy», datasheet, Sensing and Control Honeywell, 2014.
12. «Honeywell Zephyr HAF-Series 20 SLPM or 200 SLPM», datasheet
13. «Gas Media Compatibility and Correction Factors», Technical Note, Sensing and Control Honeywell.
14. «Datasheet SFC5400/SFM5400 mass controller/meter for gases» Product Information November 2017-V13, Sensirion AG.

МОДУЛЬ SGM 70XX - БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ГАЗОВОГО СЧЁТЧИКА



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
главный метролог ООО «Техномер»

В статье [1] дан обзор выпускаемых промышленностью бытовых газовых счётчиков, работа которых основана на различных физических принципах – приборы объёмного типа (диафрагменные, ротационные), скоростные, основанные на измерении скорости потока (турбинные, ультразвуковые), а также приборы, в которых используется эффект колебания струи измеряемого газа (струйные). Однако в настоящее время большой интерес вызывает использование иных – альтернативных принципов измерений, что связано в первую очередь с развитием микроэлектроники и производством интегральных чувствительных элементов для измерения различных параметров газа. Одним из таких альтернативных способов является микротермальный (калориметрический) метод измерения. Обзор, описывающий стадии развития построенных на базе данного метода интегральных датчиков, осуществляющих измерения температуры, давления, влажности, а также сенсоров, предназначенных для определения концентрации различных газовых компонент, приведён в [2]. Требования к сенсорам на базе MEMS-технологии, предназначенным для измерения параметров потоков газа, а также требования к конструкции данных сенсоров приведены в [3], - документе, представляющим собой систематизированный обзор принципов построения устройств, измеряющих газовые потоки и описания экспериментальных образцов, реализованных с использованием различных MEMS-сенсоров.

Хотя теоретические основы микротермального метода измерения хорошо разработаны и есть примеры серийно выпускаемых приборов, работа которых основана на применении MEMS-сенсоров, используемых в том числе в такой специфической области, как газовая хроматография [4], до последнего времени отсутствовали разработки бытового газового счётчика с использованием интегральных сенсоров, несмотря на очевидные выгоды от применения подобного подхода: минимальное количество механических деталей в конструкции прибора, отсутствие каких-либо подвижных элементов конструкции, расположенных в измерительном газовом канале, независимость результатов измерений объёма от параметров измеряемой среды (температуры, давления), измеряемый параметр – объём газа, получается приведённым к стандартным условиям, что является особенностью метода массового измерения расхода и, наконец, чрезвычайно высокая надёжность работы устройств, основанных на применении интегральных микротермальных сенсоров, что подтверждается опытом их массового применения в автомобильной промышленности [1]. Так почему при таком большом числе положительных сторон микротермального способа измерения до настоящего времени не было бытовых счётчиков газа, использующих данный метод? В чем заключается трудность его применения в данной конкретной сфере?

Сложностей с использованием производителями счётчиков данного метода несколько. И одна из главных связана с тем, что у них нет, да и не могло быть технологии и оборудования для автоматического монтажа и подключения к внешним цепям кристалла MEMS-сенсора, размещённого на гибкой подложке и имеющего размеры порядка 1 мм^2 – подобные технологии имеют только крупные фирмы – производители интегральных микросхем. Именно поэтому первые серийные газовые расходомеры, построенные на базе данной технологии, были разработаны на предприятиях OMRON (Япония), HONEYWELL (США), Bronkhorst High-Tech (Нидерланды), которые в своей деятельности совмещают разработку и производство интегральных компонентов. Однако данные расходомеры позиционируются либо как приборы

общепромышленного назначения, в основном для измерения расхода воздуха, либо приборы специального исполнения – для комплектации медицинского оборудования с целью задания или измерения расхода газов, используемых в процедурах подачи наркоза или анестезии.

Следующая сложность связана с тем, что упомянутые выше производители интегральных электронных компонентов для своей продукции разрабатывают сенсоры, на единой подложке которых сформированы набор датчиков и электронное обрамление, включая аналоговую и цифровую части. При этом программное обеспечение, записанное в сенсор на этапе производства, рассчитано на вполне конкретные типы газов (см. выше), и в этом списке нет природного газа, тем более для случая, когда концентрация метана в нем варьируется, а такое вполне возможно. Например, в Европе применяется природный газ Н- и L-типов. Для Н-типа концентрация основного газа – метана – должна составлять 98%, в то время как для L-типа – 86%. Таким образом, у производителей бытовых газовых счётчиков нет возможности применить данные сенсоры, а использование стандартных чувствительных элементов, описанных, например, в [5], [6] не позволяет в полной мере реализовать все положительные стороны нового метода измерения.

Еще одна трудность заключается в обеспечении длительного автономного режима работы газового счётчика от внутреннего источника постоянного тока, причем желательно, чтобы ресурс встроенной батареи обеспечивал работоспособность счётчика в течение всего межповерочного интервала, который, как правило, составляет 5-6 лет. Предварительный оценочный расчет потребляемой сенсором энергии оптимизма не внушает. Так, при средней потребляемой сенсором (и только им одним!) мощности на уровне 12 милливольт и использовании источника постоянного тока напряжением 3,6В, количество энергии, потреблённой в течение года составит:

$$P = 0,012 \times 8760 / 3,6 = 29,2 \text{ (А-ч);}$$

а за пять лет (один межповерочный интервал) соответственно :

$$P_5 = 29,2 \times 5 = 146 \text{ (А-ч);}$$

Ёмкость стандартной литиевой батареи, например, ER 34615, составляет 19 А-ч и это означает, что замену такой батареи в газовом счётчике следует проводить 2 раза в год, что является совершенно неприемлемым для бытовых приборов.

Наконец, есть и еще одна проблема, которая связана с калибровкой приборов на этапе их производства, точнее - с типом газа, который должен использоваться при этом. Применительно к механическим объёмным диафрагменным счётчикам, предназначенным для измерения объёма природного газа, ГОСТ 8.915-2016 в качестве поверочной среды рекомендует использование воздуха (п. 8.6.6.3). Аналогичная рекомендация для ультразвуковых расходомеров содержится в документе [7] «Р. Газпром 5.13-2010 Организация и порядок проведения поверки и калибровки ультразвуковых преобразователей расхода в ОАО Газпром» (п.5.4.2.6). Очевидно, что использование природного газа в качестве поверочной среды в условиях серийного производства практически невозможно, но каким образом подтвердить правомерность применения результатов калибровки на воздухе при измерении объёма природного газа для сенсора, использующего микро-термальный способ измерения?

Как видим, сложностей с применением MEMS-сенсоров в конструкции бытового газового счётчика достаточно много, а их преодоление силами только производителей газовых счётчиков весьма проблематично.

Однако в 2015г. компания Sensirion AG (Швейцария) анонсировала начало серийного производства модуля серии SGM 70xx, основанного на микротермальном принципе измерения и предназначенного для построения на базе данного модуля бытовых газовых счётчиков

типоразмеров G1,6, G2,5, G4 и G6. Швейцарская компания Sensirion AG является лидирующим производителем высококачественных датчиков и сенсорных приборов для измерения и контроля влажности, температуры, потоков газа и жидкости. Компания была основана в 1998г., как подразделение Швейцарского федерального института технологий (ETN) в Цюрихе. Штаб-квартира Sensirion расположена в г. Штефа (Швейцария), где ведутся исследования и разработка, а также осуществляется производство высокотехнологичных продуктов.

На рис.1 представлен внешний вид модуля SGM, а на рис.2 – эскиз конструкции счётчика газа с установленным измерительным модулем.

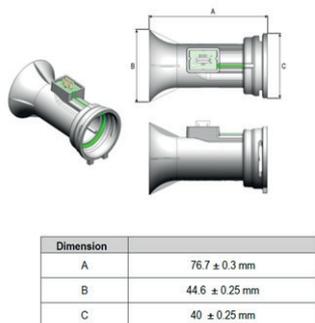


Рис. 1 Внешний вид и основные размеры модуля

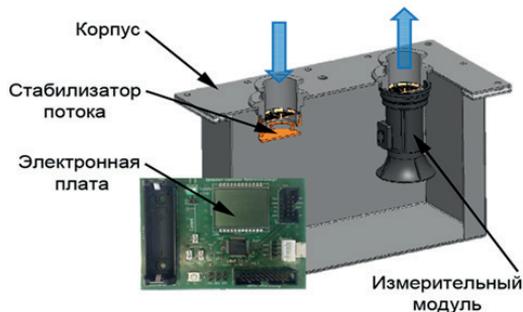


Рис. 2 Эскиз конструкции бытового газового счётчика

На рис. 3 представлен внутренний вид микротермального измерительного модуля.

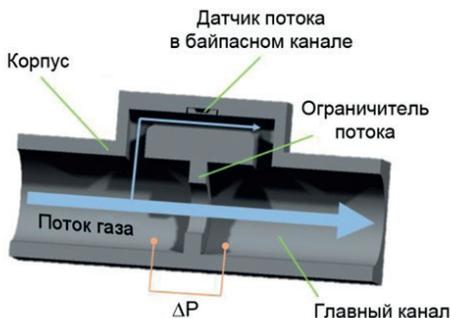


Рис. 3 Внутренний вид микротермального измерителя потока

Чувствительный элемент модуля представляет собой кристалл, выполненный по технологии CMOSens, на единой подложке размещены термочувствительные элементы и измерительная электроника, включая микропроцессорный вычислитель, размер кристалла - 1,5 x2 мм. Кристалл чувствительного элемента установлен в байпасном канале, конфигурация и характерные размеры которого (длина и площадь поперечного сечения) выбраны таким образом, чтобы для скоростей потока газа в байпасном канале (0,001 – 1,0 м/с) характер потока газа оставался ламинарным - число Рейнольдса $Re < Re_{крит}$. Структурная схема электрической части чувствительного элемента приведена на рис.4.

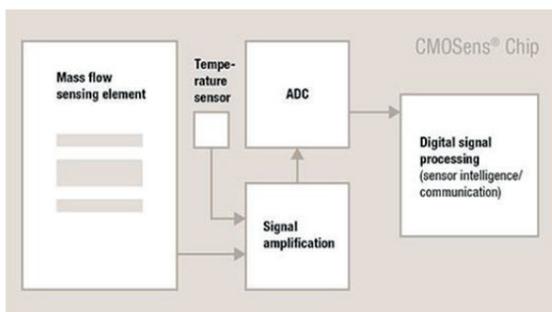
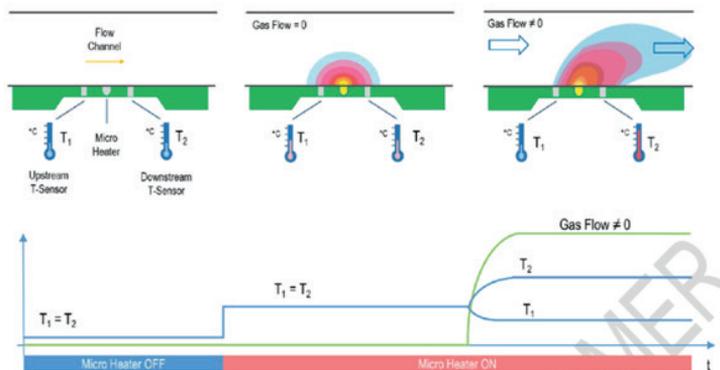


Рис. 4 Структурная схема чувствительного элемента

Принцип работы микротермального чувствительного элемента приведен на диаграмме - рис.5.



В центре кристалла расположен нагреватель, на расстоянии 0,2 мм по обе стороны от которого - два датчика температуры потока. Если нагреватель выключен, то датчики температуры измеряют температуру газа в канале, при этом $T_1 = T_2$. Если нагреватель включён, но поток газа отсутствует, температуры T_1 и T_2 будут также равны и только в случае, когда нагреватель включён и имеется поток газа в канале температуры $T_1 \neq T_2$, и по величине температурного разбаланса можно судить о величине массового расхода газа.

Работа сенсора основана на методе импульсного нагрева, с переносом теплового импульса измеряемой средой. Теоретическое обоснование метода приведено в [8]. Измерение величины теплового импульса в точках до и после нагревателя позволяет определить не только скорость потока, но также и тепловые характеристики измеряемого газа. Уравнение, описывающее перенос тепла при импульсном нагреве:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \nabla T = \frac{k}{\rho c} \nabla^2 T + \frac{Q}{\rho c}$$

Где Q - количество генерируемого тепла

T - температура

k - теплопроводность среды

ρ - плотность среды

u - средняя скорость потока

Аналитическое решение данного уравнения для импульсного теплового сигнала:

$$T(x, y, t) = \frac{Q_0}{4\pi kt} \exp \left\{ - \left[\frac{(x-ut)^2 + y^2}{4\alpha t} \right] \right\}$$

Где α - термодиффузия

Для малых скоростей потока при условии, что эффект переноса тепла потоком является преобладающим фактором, получим:

$$\alpha = \frac{(\tau_1^2 x_2^2 - \tau_2^2 x_1^2)}{4(\tau_2 \tau_1^2 - \tau_1 \tau_2^2)}$$

$$u = \left(\frac{\tau_1 x_2^2 - \tau_2 x_1^2}{\tau_1 \tau_2^2 - \tau_2 \tau_1^2} \right)^{1/2}$$

Для теплового импульса вычисление массового потока датчиками, расположенными на расстоянии -x и +x от нагревателя, возможно как:

$$\frac{u}{\alpha} = \frac{1}{x} \ln \left[\frac{T_{\max, +x}}{T_{\max, -x}} \right]$$

Таким образом, метод измерения массового расхода позволяет определять тепловые параметры среды, что можно использовать для идентификации типа измеряемого газа. Данная возможность реализована (например, в [9]) для выполнения измерения расхода газа строго в тот момент, когда требуемый газ полностью заместил воздух в измерительном канале.

Разность температур между двумя сенсорами (рис.5) является комплексной функцией, зависящей от скорости потока газа, его плотности и теплоёмкости. Связь между ними описывается законом Кинга:

$$|T_2 - T_1| = C_1 + C_2 * \left(A * v * \frac{T_{ref}}{T} * \frac{P}{P_{ref}} * \rho_{ref} * C_p \right)^Z$$

Где v – скорость потока

A – площадь поперечного сечения канала

C_p – теплоёмкость газа

ρ_{ref} – плотность среды при стандартных условиях

P_{ref} – стандартное давление (1013 миллибар)

T_{ref} – стандартная температура (293,15° К)

T_1 и T_2 – температура потока до и после нагревателя

P – давление

Z – 0,5 (константа закона Кинга)

C_1 и C_2 – константы

Микротермальный газовый сенсор позволяет с высокой точностью измерять расход различных газов и газовых смесей (в т.ч. природный газ) при условии, что сенсор предварительно был откалиброван на данном газе, либо путем применения процедуры динамической компенсации, которая обеспечивает получение необходимой

точности измерений при вариациях концентрации отдельных компонент в природном газе; калибровка газового сенсора в таком случае может производиться на стандартной газовой среде - воздухе. Очевидно, что первый вариант крайне неудобен чисто практически, т.к., во-первых, он предусматривает использование природного газа для первичной калибровки газового сенсора и, во-вторых, данный способ не может гарантировать получения требуемой точности измерений в связи с тем, что концентрация газовых компонент в природном газе может меняться во времени.

Алгоритм динамической компенсации, предложенный Sensirion, основан на строгой взаимосвязи между теплоемкостью λ , плотностью ρ_{ref} и теплоемкостью C_p для компонент натурального газа. Данная взаимосвязь математически описывается корреляционной функцией, с помощью которой можно получить параметры плотности ρ_{ref} и теплоемкости C_p .

На рис.6 представлена структура алгоритма газовой компенсации, предложенного Sensirion. Измеренные значения температур T_1 и T_2 являются входными параметрами для вычисления теплоемкости газа λ и нескорректированного значения расхода газового потока. Полученное значение теплоемкости является входным параметром для корреляционной функции, с помощью которой осуществляется вычисление плотности ρ_{ref} и теплоемкости C_p . Далее нескорректированное значение расхода газового потока с учётом полученных значений температуры и давления приводится к стандартным условиям.



Рис. 6 Структура алгоритма газовой компенсации

Эффективность метода динамической компенсации, предложенного Sensirion, подтверждена результатами официальных испытаний, проведённых институтом «Gas and Heating Institute», Германия [10]. Перечень газовых смесей, на которых были проведены данные испытания, приведен в табл.1. Начальная калибровка испытуемых модулей проводилась на воздухе.

Табл.1

<u>Component</u>	TGH1	TGH2	TGH3	TGH4	TGH5	Methane
Methane	0,964	0,904	0,871	0,840	0,993	1,000
Carbon Dioxide	0,006	0,005	0,015	0,017	0,006	0,000
Nitrogen	0,003	0,024	0,006	0,050	0,018	0,000
Ethane	0,018	0,045	0,085	0,060	0,032	0,000
Propane	0,009	0,022	0,023	0,020	0,008	0,000
Hydrogen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Air	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n-Butane	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,000
i-Butane	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
n-Pentane	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
i-Pentane	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000

Разработчикам Sensirion AG в полной мере удалось преодолеть трудности, связанные с реализацией нового способа измерения объёма природного газа. Действительно, ими предложен законченный функциональный элемент – измерительный модуль, который может устанавливаться, например, в стандартный корпус диафрагменного газового счётчика. На этапе изготовления модуля производителем осуществляется процедура его калибровки на воздухе, при этом метрологические характеристики модуля сохраняются при переходе на измерение объёмов природного газа за счет использования в программном обеспечении модуля алгоритма динамической компенсации. В модуле применён метод импульсного нагрева, это позволило резко уменьшить потребление энергии от встроенной батареи постоянного тока. Информация от модуля передается по цифровому каналу связи – интерфейс I2C, перечень передаваемой информации: мгновенно-

венное значение расхода газа, приведённое к стандартным условиям, температура газа, значение К-фактора - обобщенного параметра, характеризующего тип измеряемого газа, идентификационные параметры модуля - порядковый номер, номер партии в производстве, версия программного обеспечения модуля, а также обозначение типоразмера – G1,6, G2,5, G4 или G6. Подробное описание и технические характеристики измерительного модуля SGM 70xx приведены в [11]. И, наконец, данный модуль успешно прошел испытания и сертифицирован в качестве самостоятельного средства измерения; его метрологические характеристики подтверждены сертификатом, выданным институтом NMI Certin B.V. (Нидерланды) [12].

В заключение следует отметить, что предприятием «MeterSit» (Италия), начиная с 2016 г., осуществляется серийное производство бытовых и промышленных счётчиков газа типоразмеров G2,5, G4, G6, G10–G20, построенных на базе микротермального модуля SGM 70xx [13]. Аналогичный тип газового счётчика производит также предприятие «Diehl Metering GmBH» (Германия) [14], причём общий объём произведённых в 2016–2017 гг. счётчиков газа, основанных на микротермальном принципе измерения, – свыше 1 млн.шт.

Литература

1. Охотин А.А. «Микротермальный принцип измерения – современный подход к построению бытовых счётчиков газа»;
2. J.Burgues,S.Marco «Low Power of Temperature - Modulated Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors», MDPI, December 2017;
3. Lung-Ming Fu, Chia-Yen Lee «MEMS-based gas flow sensors», Microfluidics and Nanofluidics, March 2009;
4. Liang Feng, C.J.Musto, J.W.Kemling «A Calorimetric sensor array for identification of toxic gases below permissible exposure limits» Austin, TX, USA, December 2009;
5. Dr.O.Kiesewetter «Miniaturized Platinum temperature sensors with high resistance», Sensor+Test Conference, 2009;
6. «Thermal Mass Flow Sensor. Optimal for ultra fast measuring of gas flow and direction.Sensor chip in MID housing with integrated flow channel», Innovative Sensor Technology, datasheet;
7. Р Газпром 5.13 -2010 «Организация и порядок проведения поверки и калибровки ультразвуковых преобразователей расхода газа в ОАО «Газпром»;
8. J.van Kuijk, T.S.J.Lammerink, dee Bee «Multi-parameter detection in fluid flows», MESA Research Institute, Netherlands;
9. J.Abdullan, A.Tikhonski, R.Dass Patent US N 008117844 B2;
10. «Study confirmed the effectiveness of compensation for different natural gas types», Gas and Heating Institute, Press release 09/08/2015;
11. Sensirion CMOSens G1.6,G2.5, G4 and G6 Gas Flow Modules, datasheet;
12. NMI Evaluation Certificate Number TC 8791 rev.1, 06/06/2015, NMI Certin B.V.;
13. MeterSit – Catalogo Generale, 2016;
14. «AERIUS Microtermal Gas Meter», Diehl Metering GmBH, 08/08/2016.

СЧЁТЧИК СМТ-СМАРТ: ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

В статье [1] были подробно рассмотрены конструкция и принцип работы микротермального измерительного модуля 70xx производства AGSensirion, приведены его основные характеристики, такие как измерение расхода газа, приведённого к стандартным условиям, независимость полученных данных от вариаций давления и температуры измеряемой среды, а также реализация функции определения типа измеряемого газа, что при проведении калибровки модуля на воздухе обеспечивает идентичность полученных метрологических характеристик при измерении расхода природного газа. Отмечено, что в процессе проведения официальных испытаний данного измерительного модуля в ведущих европейских испытательных центрах («Gasand Heating Institute», Германия, NMI Certin B.V., Нидерланды) были подтверждены заявленные производителем технические характеристики, это позволило сертифицировать данный измерительный модуль в качестве самостоятельного средства измерения с выдачей соответствующего официального документа. Всё это побудило ряд европейских производителей бытовых газовых счётчиков разработать начать серийное производство бытовых газовых счётчиков на базе данного измерительного модуля.

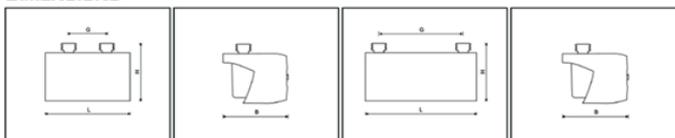
Следует отметить, что с вступлением в действие ГОСТ 8.915-2016 «Счётчики объёмные диафрагменные. Общие технические требования, методика испытаний и поверки» требования к техническим характеристикам и функциональным возможностям бытовых газовых счётчиков существенно изменились. При разработке концепции

нового счётчика газа был проведен анализ различных принципов измерения расхода газа с приведением его к стандартным условиям, в результате чего выбор сделан в пользу микротермального метода измерения, позволяющего разработать газовый счётчик, полностью отвечающий современным требованиям.

Первый вопрос, который необходимо было решить, – размеры и конфигурация корпуса счётчика, в котором должен быть установлен измерительный модуль. Дело в том, что европейскими производителями подобных приборов использованы корпуса, аналогичные тем, что применяются для диафрагменных газовых счётчиков, размеры которых выбраны исходя из максимального значения измеряемого расхода газа. На рис.1,2 приведены внешний вид и характерные размеры корпусов различных производителей.



DIMENSIONS



Connection distance	G	mm	Concentric	110	110	130	152.4	250
Nominal diameter	DN	mm		25	25	25	25	25
Overall length	L	mm		230	230	230	230	327
Connection thread with screw joint		Inch	G2 (DIN 3376-AB25)	G1¼ (DIN 3376)	G7/8 (GRDF)	G1¼ (DIN 3376)	G1¼ (DIN 3376)	G1¼ (DIN 3376)
Height	H	mm		115	115	115	115	115
Width	B	mm		125	125	125	125	125
Weight		kg		2.0	2.0	2.0	2.0	2.4

Рис.1 Линейка корпусов счётчиков AERIUS

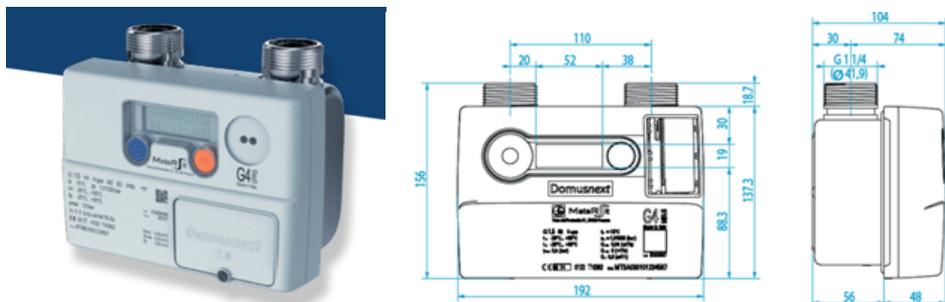


Рис.2 Корпуса счётчиков MeterSit

Было не ясно, связано ли применение таких корпусов с особенностями работы данного измерительного модуля, или этот выбор был продиктован чисто экономическими причинами – данные корпуса использовались ранее в серийно выпускаемых приборах. В качестве альтернативного был разработан прототип корпуса с аксиальным расположением штуцеров входа/выхода измеряемого газа, изготовленный в дальнейшем методом 3D-печати. Внешний вид корпуса приведен на рис.3

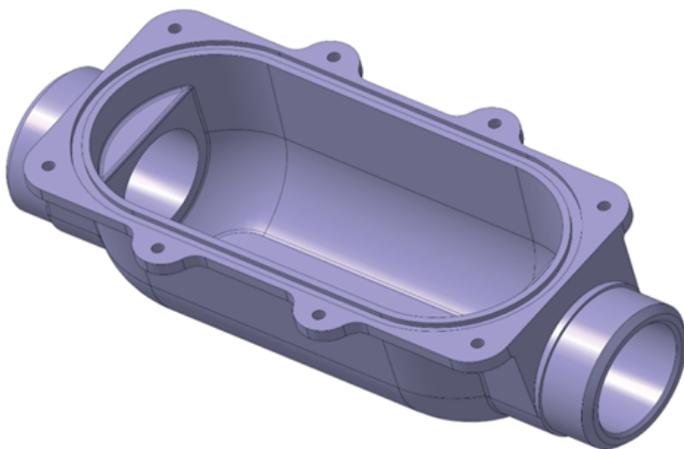


Рис.3 Внешний вид корпуса

Испытания проводились в два этапа: сначала определялась характеристика измерительного модуля, установленного вне корпуса и далее – модуля, установленного в данный корпус. В качестве задатчика эталонного расхода здесь и далее применялся стенд УПСМ-30 с диапазоном задаваемых расходов 0,003 – 30 м³/ч, который обеспечивается набором критических сопел. Считывание информации с модуля SGM7006 (максимальный измеряемый расход – 10 м³/ч) осуществлялось с помощью отладочной платы SGM600x EvalKit и программного обеспечения SensirionGasmeterEvalKitViewer Ver 3.1.

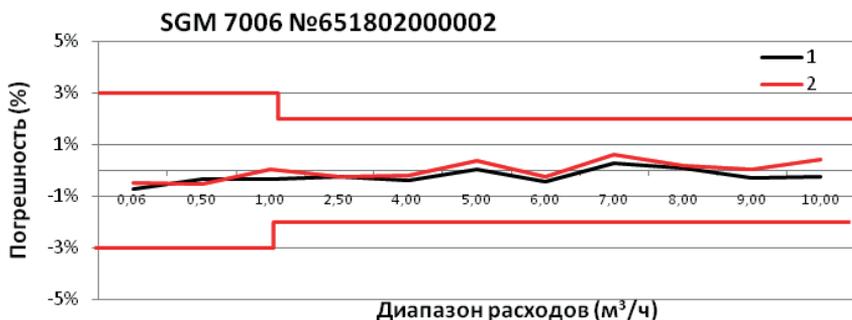
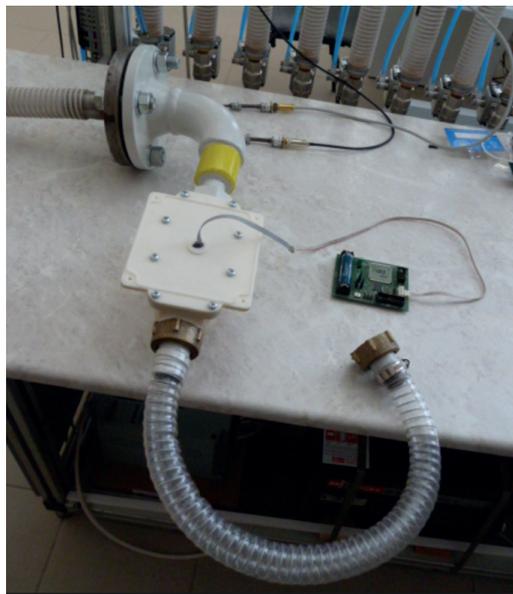


Рис.4 Графики результатов испытаний

Кривая 1 соответствует графику погрешности измерения модуля вне корпуса, а кривая 2 – модулю, установленному в корпус. Сравнение полученных данных показывает практическое отсутствие влияния разработанного корпуса на результаты измерения расхода измерительным модулем.

Далее были проведены испытания с целью определения влияния не прямых участков трубопроводов на входе и выходе корпуса с установленным в нём модулем. Для этого к входному штуцеру корпуса был присоединён гибкий гофрированный шланг длиной 0,5 м, который мог быть изогнут на 90° и 180° относительно продольной оси корпуса. Ниже приведено фото прототипа корпуса с присоединённым входным и выходными патрубками, подключённого к испытательному стенду.



Характеристики модуля снимались последовательно для следующих положений входного шланга: поворот на 90° относительно продольной оси корпуса вверх, вниз, вправо и влево, а также поворот на 180° относительно продольной оси. Графики результатов испытаний приведены на рис.5.

Кривые 1 – 4 соответствуют графикам погрешности измерений при повороте входного шланга на 90° , кривая 5 соответствует графику погрешности измерений модуля при повороте входного шланга на 180° . Анализ полученных результатов показывает отсутствие явной зависимости вариации погрешности измерения модуля, вызванной изгибом входного шланга. Исходя из этого, можно сделать два важных вывода: первый – микротермальный счётчик в аксиальном корпусе не критичен к наличию и длинам прямых участков газопровода на входе и выходе; и второй – данный счётчик может монтироваться в газопровод с произвольным (горизонтальным, вертикальным и под

углом) расположением по отношению горизонтальной плоскости.

Еще одно важное уточнение связано с реально достижимым диапазоном измеряемых расходов, приведённых к стандартным условиям. Дело в том, что упоминавшиеся выше европейские производители газовых счётчиков [2], [3] на базе микротермального измерительного модуля производят счётчики с диапазоном измерения $\Delta Q = 1:160$, что соответствует требованиям стандарта OIML R 137-1&2 (2012) «Gas Meters». Собственно, точно такие же требования в этой части изложены и в нашем ГОСТ 8.915-2016, однако в данном случае мы говорим о возможностях самого измерительного модуля, тем более что его в техническом описании приведен очень важный параметр – соотношение сигнал - шум при минимально измеряемом значении расхода. Для модуля данное соотношение сигнал/шум равно 10 при величине расхода $Q = 0,25Q_{\text{мин.}}$, т.е. диапазон измерения расходов модулем значительно шире декларируемого. Для уточнения возможного диапазона измерения в проектируемом счётчике были отобраны образцы модулей и проведены испытания во всем диапазоне расходов, входящих по погрешности измерений в требуемую трубку допуска. Результаты испытаний приведены на рис.5.

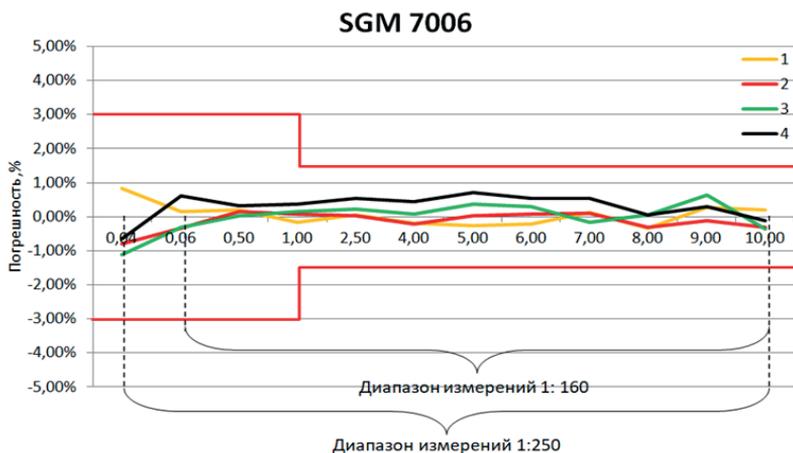


Рис.5 Диаграмма погрешности измерений

Результаты испытаний, проведённых с измерительными модулями 1 - 4 (зав. NN 651803000002, 651803000003, 651803000007, 651803000014), показывают, что конструкция измерительного модуля обеспечивает измерения в значительно более широком диапазоне при сохранении заявленного значения погрешности измерений.

С учётом результатов проведённых предварительных испытаний была разработана конструкция счётчика газового с использованием измерительного модуля SGM 700x. Конструкция счётчика состоит из элементов (корпус, электронное отсчётное устройство), являющихся общими для типоразмеров G4 и G6, за исключением варианта измерительного модуля - SGM7004 G4 или SGM7006 G6. Питание счётчика осуществляется от встроенных литиевых батарей. Первая, ёмкостью 14 А·ч, является сменной в процессе эксплуатации счётчика и служит для питания в рабочем режиме измерительного модуля, микроконтроллера электронного отсчётного устройства и модуля GSM/GPRS передачи данных. Вторая батарея, ёмкостью 8 А·ч, служит для питания микроконтроллера электронного отсчётного устройства в режиме пониженного энергопотребления и не подлежит замене в течении 12 лет, т.е. двух межповерочных интервалов. На рис.6 приведена конструкция счётчика газового.

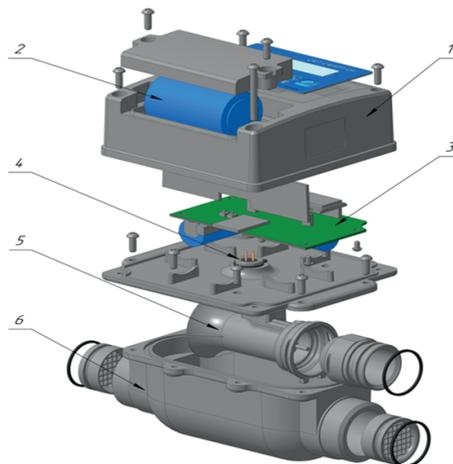


Рис.6 Элементы конструкции счётчика

- 1 – крышка корпуса счётчика
- 2 – сменная батарея литиевая
- 3 – плата электронного отсчётного устройства
- 4 – крышка корпуса
- 5 – модуль измерительный
- 6 – корпус счётчика

Структурная схема электронного отсчётного устройства, входящего в состав разработанного счётчика, приведена на рис.7.

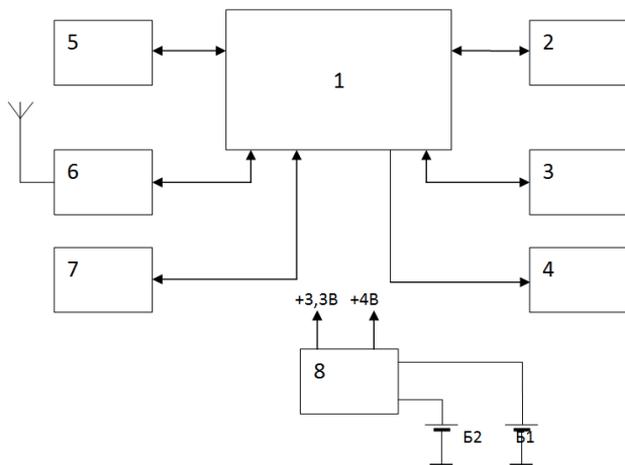


Рис.7 Структурная схема электронного отсчётного устройства

Обозначение элементов, представленных на схеме:

- 1 – микроконтроллер STM32L151D
- 2 – цифровой индикатор
- 3 – энергонезависимая память
- 4 - супервайзер
- 5 – модуль измерительный SGM
- 6 – модем GSM/GPRS связи
- 7 – оптический интерфейс приёма/передачи информации
- 8 – блок питания

- Б1 – основная (сменная) батарея питания
- Б2 – резервная батарея питания .

Основные функции, выполняемые счётчиком:

- а) индикация суммарного объёма газа при стандартных условиях (Vп);
- б) индикация объёмного расхода газа при стандартных условиях (Qп);
- в) индикация температуры измеряемой среды (Тр);
- д) измерение и индикация температуры окружающей среды (То);
- е) индикация текущего времени и даты;
- ж) индикация возникновения нештатных состояний в работе счётчика;
- з) состояние (степень разряда) внутреннего источника питания;
- и) индикация следующих технологических параметров:
 - кодов нештатных состояний:
 - 0 – отказ измерительного модуля;
 - 1 – измеренный расход больше Q_{max} ;
 - 2 – измеренный расход меньше Q_{min} , но больше расхода трогания;
 - 3 – температура измеряемого газа более $+55^{\circ}C$;
 - 4 – температура измеряемого газа ниже $-25^{\circ}C$;
 - 5 – температура окружающей среды более $+55^{\circ}C$;
 - 6 – температура окружающей среды ниже $-40^{\circ}C$;
 - 7 – заряд батареи 1 меньше минимально необходимого значения;
 - 8 – заряд батареи 2 меньше минимально необходимого значения;
 - 9 – возможность образования конденсата в счётчике;
 - А – параметры измеряемого газа не соответствуют ГОСТ 5542-87.
- режима передачи данных по беспроводному интерфейсу;
- номера версии программного обеспечения счётчика;
- работа в режиме минимального контролируемого расхода;
- к) создание часового архива, суточного архива и архива событий с

возможностью вывода данных из архива на внешние устройства по каналу GPRS беспроводной связи, а также по оптическому каналу приёма/передачи данных;

л) фиксация в архиве кода, даты и времени возникновения аварий;

м) передача по запросу от внешнего устройства информации о работе счётчика, включая архивные данные, в режиме реального времени.

Основные технические характеристики счётчика СМТ-Смарт

Наименование параметра	Значение
Диапазон расходов, приведённых к стандартным условиям, м ³ /ч СМТ-Смарт G4 СМТ-Смарт G6	0,04 – 6,0; 0,025 – 6,0 0,06 – 10,0; 0,04 – 10,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений приведённого объёма в диапазоне температур измеряемой среды от +15 до +25°C	- для диапазона Q _{max} - Q _t не хуже ±1,5%; - для диапазона Q _t - Q _{min} не хуже ±3,0%.
Дополнительная относительная погрешность счётчика, вызванная отклонением температуры измеряемого газа от +15°C до - 25°C и от +25°C до +55°C,	не более 0,04% на 1°C
Максимальное рабочее давление кПа, не более	15
Потеря давления на счётчике при максимальном расходе должно быть Па, не более	250
Диапазон измерений температуры измеряемого газа, °C	От -25 до +55
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	От -40 до +55
Канал передачи данных	GSM/GPRS, оптический интерфейс
Степень защиты счётчика, не хуже	IP65
Маркировка взрывозащиты	1Ex ib IIB T4 X
Габаритные размеры счётчика, мм	175x120x112

Важным преимуществом данного счётчика является то, что вся информация, передаваемая по каналу GSM/GPRS связи, принимается и обрабатывается стандартным пакетом программного обеспечения «Газсеть Экстра», в котором поддерживается приём и обработка информации от бытовых газовых счётчиков типа ВК-Г, оснащённых

модулем TMP для беспроводной передачи данных, а также большого числа промышленных счётчиков газа, оснащённых газовыми корректорами.

Литература

1. Охотин А.А. «Модуль SGM70xx – базовый элемент современного газового счётчика»;
2. DIEHL Metering «AERIUS Electronic Gas Meter»;
3. MeterSit «Domusnext G4 Technical data».

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ СЧЁТЧИКА ГАЗА СМТ-СМАРТ. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ



Авторы:

ПОТАПОВ Евгений Анатольевич
Генеральный директор ООО «Техномер»



МАТВЕЕВ Павел Анатольевич
**Начальник конструкторского бюро
ООО «Техномер»**

Развитие рынка газоизмерительной техники в последнее время сосредотачивалось на применении узлов учёта газа с повышенными показателями точности, надёжности, а также широкими диапазонами измерений расхода газа. В основном поставленные задачи были выполнены. На рынке существуют предложения счётчиков, удовлетворяющие таким требованиям. Но далеко не у всех предлагаемых приборов надёжно решён вопрос, связанный с защитой от внешних несанкционированных воздействий, искажающих результаты измерения объёма. Существует много известных методов, с помощью которых можно исказить результаты измерений, вплоть до полной или частичной остановки процесса измерения, не прерывая при этом газоснабжение. Такие инциденты не редки и прекрасно известны, но вовремя предотвратить их достаточно проблематично ввиду объективных трудностей при доказательстве неисправности прибора, когда он находится в пользовании недобросовестного абонента. Неучтённые объёмы поставленного газа впоследствии естественно относятся к потерям поставщика.

На сегодняшний день среди обилия различных методов несанкционированных вмешательств можно условно выделить три наиболее

распространённых типа воздействий:

- магнитные воздействия;
- механические воздействия;
- воздействия на измеряемый газовый поток.

Надёжность и простота конструкции, точный, современный и потенциально перспективный метод измерения газа – вот ключевые факторы, которые могут обеспечить максимальную защиту от различных типов внешних несанкционированных воздействий современного счётчика газа. При разработке конструкции микротермального счётчика газа СМТ-Смарт именно эти требования учитывались как наиболее важные и приоритетные в практическом применении.

Рассмотрим конструкцию счётчика СМТ-Смарт на предмет защиты от различных типов внешних несанкционированных воздействий. Функциональная схема прибора представлена на рисунке 1.

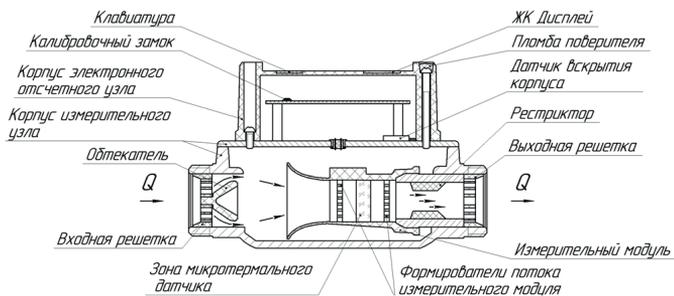


Рис. 1 Функциональная схема счётчика СМТ-Смарт

Защита от магнитных воздействий

Для реализации данного вида воздействий, как правило, используют специальные магниты, магнитное поле которых воздействует на подвижные части счётчиков газовой камеры, изготовленных из ферромагнитных материалов. Расположив сильный магнит рядом с газовой камерой счётчика, можно добиться замедления, а порой и полной остановки подвижных деталей. Другой узел, подверженный влиянию

магнитных полей, – это механический сумматор, а именно шкала роликов с цифровыми указателями. Путем определенных манипуляций ролики приобретают магнитные свойства и под воздействием постоянного магнита перемещаются вдоль оси, на которой они расположены. Осевое смещение приводит к выходу из зацепления роликов и трибок. Результат – механический сумматор перестаёт считать при формально работающем и исправном измерительном механизме.

Данному воздействию наиболее часто подвержены классические механические диафрагменные счётчики. Но следует отметить, что некоторые продвинутые производители счётчиков перешли на немагнитные материалы и это даёт положительный эффект, однако это не решает проблемы конструктива данного типа счётчика ввиду их незащищенности в плане механических воздействий.

Счётчик газа СМТ-Смарт принципиально не подвержен влиянию магнитного поля. Во-первых, он не содержит в своем составе частей, на которые могло бы повлиять поле постороннего магнита. Во-вторых, счётчик не содержит подвижных частей, что значительно упрощает конструкцию. И, в-третьих, принцип действия измерительного модуля и физика его работы никоим образом не связаны с влиянием магнитного поля. Тем не менее испытания на воздействия магнитного поля проводились. Результаты положительные, счётчики СМТ-Смарт работают стабильно без искажения погрешности в установленных пределах.

Защита от механического воздействия

В целом под механическими воздействиями понимают различного рода нарушения целостности конструкции прибора. Целью воздействий, как правило, становятся корпусные детали, внутренние узлы, отвечающие за формирование потока газа, блокируется работа подвижных механических частей. Причем для достижения подобных целей зачастую используют многообразие различного инструмента и технологий.

Общая цель этих манипуляций – изменить режим работы счётчика таким образом, чтобы выходной сигнал измеренного объёма был меньше реального, а внесённые изменения в конструкцию были максимально скрыты.

Данному воздействию подвержены многие диафрагменные счётчики. Путем несложных механических воздействий вскрывается корпус измерительного узла либо корпус отсчётного устройства. Далее производится вмешательство в конструкцию прибора, и корпусные детали также собираются в обратном порядке без видимых внешних повреждений. Конечно, стандартные меры защиты в виде пломб осложняют данные воздействия, но как показывает практика, далеко не во всех случаях.

В конструкции СМТ-Смарт предусмотрены несколько степеней защиты от механических воздействий. Измерительный модуль установлен внутри корпуса измерительного узла и располагается в центральной его части. Целью защитных мероприятий является защита зоны, где расположен микротермальный датчик. На входном и выходном патрубках счётчика устанавливаются специальные решётки, которые предотвращают прямое проникновение инструмента в зону МКТМ (микротермального) датчика. Деталь обтекателя служит дополнительным барьером от проникновения в зону МКТМ датчика. И, наконец, формирователи потока в самом измерительном модуле выполняют ту же роль. Рестриктор, находящийся вдоль по потоку после МКТМ датчика, предохраняет его со стороны выходного отверстия от проникновения различного рода инструмента. Такая многоступенчатая система защиты позволяет предотвратить механические повреждения МКТМ датчика.

Все перечисленные детали конструктивно дублируют работу друг друга. В случае повреждения одной или двух деталей ничего в работе модуля не изменится, т.е. выходная характеристика чувствительности МКТМ датчика останется прежней, и общая погрешность счётчика останется в допустимых пределах. Если цель достичь МКТМ зоны и повредить датчик выполнена, то будет нарушена целостность решёток, что можно легко определить во время монтажных работ на этапе установки счётчика в газовую сеть. Любое же механическое разрушение

датчика отразится в сигнале ошибки, которая будет зафиксирована системой самодиагностики счётчика и передана через систему встроенной телеметрии в ПТК Газсеть.

Электронное отсчётное устройство также имеет защиту от механических повреждений и проникновений внутрь. Целью вмешательства в основном является повреждение электросхемы, отключение батарей питания или открытие калибровочного замка с целью модификации встроенного ПО счётчика. Для защиты от вскрытия каждый счётчик снабжён стандартным средством защиты в виде пломбировочных мест для установки пломб поставщика газа и метрологических служб ЦСМ. Эти традиционные меры, конечно, помогают, но не во всех случаях. Если пломба была нарушена и корпус электронного отсчётного устройства удалось открыть, сработает датчик вскрытия корпуса, и система самодиагностики зафиксирует этот инцидент. А далее по обычной схеме - запись события в архив счётчика и передача тревожной информации в ПТК Газсеть.

Также без внимания не останутся элементы, расположенные в батарейном отсеке счётчика, а именно: основная батарея питания и СИМ-карта. При отключении основной (съёмной) батареи, счётчик не утратит своих основных функций и перейдёт на питание от резервного источника питания, а факт отключения батареи будет зафиксирован в архивах счётчика и сохранён в энергонезависимой памяти с последующей передачей тревожных сообщений на сервер. Наличие СИМ-карты в счётчике также фиксируется. При её отсутствии счётчик сформирует предупредительное сообщение о том, что система телеметрии временно отключена до установки СИМ-карты.

Воздействия на измеряемый газовый поток

При данном виде воздействий происходит изменение однородности потока газовой среды. Газовый поток стремятся направить в одну сторону, закрутить, сделать его турбулентным. Это можно сделать путем заужения трубопровода на входе или частично перекрыть отверстие входного патрубка счётчика. Как правило, данный тип

воздействия встречается при монтаже счётчиков.

Во всех указанных примерах цель однозначно не будет достигнута. Схема формирования потока газа, состоящая из корпуса измерительного узла, защитных решёток, обтекателя, рестриктора и, конечно, измерительного модуля работает надёжно и защищает счётчик во всех случаях, даже при неквалифицированном монтаже.

Подобные эксперименты проводились во время опытной эксплуатации по программе ООО «Газпром межрегионгаз» в Нижнем Новгороде. По заданию монтажники пытались установить СМТ-Смарт таким образом, чтобы он давал заниженные показания. Из этого ничего не получилось, счётчики продолжали работу в штатном режиме. Указанные экспериментальные действия зафиксировали в соответствующих протоколах по окончании программы.

Необходимо отметить, что на данный момент рынок бытовых газовых счётчиков все чаще выдвигает новые и более жёсткие требования как к функциональным возможностям счётчиков, так и к обеспечению мер по выявлению несанкционированных вмешательств. Например, одним из таких требований в скором времени может стать обязательное наличие встроенной телеметрии в газовом счётчике. Для реализации такой задачи необходимо как минимум вводить дополнительное устройство передачи данных к текущей конструкции счётчика, что, как правило, выливается в различное дополнительное, отдельно стоящее модульное оборудование, а как максимум необходимо разрабатывать с нуля новое электронное отсчётное устройство или счётчик в целом, что является довольно сложной и экономически затратной задачей. Некоторые производители начинают выводить на рынок газовые счётчики с комбинированной конструкцией. Основой таких счётчиков, как правило, становится база с диафрагменным методом измерения в паре с электронным отсчётным устройством или так называемым электронным индексом. С первого взгляда преимущества данной конструкции очевидны, особенно в плане электронного отсчётного устройства, однако сам метод измерения практически исчерпал свой потенциал и не имеет дальнейшего развития, уступая более современным методам измерения объёма газа, которые позволяют с высокой

степенью точности анализировать состояние газового потока и выстраивать различные алгоритмы по выявлению несанкционированных вмешательств как до, так и после ввода счётчика в эксплуатацию.

При разработке счётчика СМТ-Смарт изначально была заложена основополагающая база современных цифровых технологий измерений. Современная элементная база совместно с применением в счётчиках микротермального метода измерения расхода газа на базе модуля производства швейцарской фирмы Sensirion является ключевым фактором к потенциально современному методу анализа несанкционированных вмешательств. Данный метод позволяет не только получать данные по расходу, температуре газа и накопленному объёму, но и выстроить алгоритмы анализа по состоянию измеренного газового потока. На базе таких алгоритмов счётчик получает гибкую систему самодиагностики, которая позволяет оценивать несанкционированные внешние воздействия, влияющие как на сам счётный модуль, так и на работу всех систем счётчика в целом. На текущем этапе разработки счётчик уже получил следующие критерии самодиагностики:

- анализ расхода газа с фиксацией превышения максимально допустимых значений;
- анализ температуры газа с фиксацией превышения максимально допустимых значений;
- анализ температуры окружающей среды с фиксацией превышения максимально допустимых значений;
- анализ состояния счётного модуля;
- анализ обобщённого состава газа (К-фактора);
- фиксация отказа счётного модуля при штатном режиме работы;
- фиксация отказа счётного модуля при внешнем воздействии;
- фиксация обратного потока газа;
- фиксация вскрытия корпуса счётчика;
- фиксация отключения батареи питания;
- анализ разряда состояния батареи.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что счётчик газа СМТ-Смарт является передовым прибором среди счётчиков газа, предназначенных для коммерческого учёта. Простота конструкции и современные цифровые технологии измерений, используемые в счётчике, дают несомненные преимущества по сравнению с аналогичными приборами, серийно выпускающимися в настоящее время. Конструкция счётчика имеет большой потенциал в плане защиты от новых методов внешних воздействий. Принципиальное исключение влияния большинства видов внешних воздействий в совокупности с системой самодиагностики счётчика полностью исключает несанкционированные воздействия на счётчик.

ДИАГНОСТИКА РАБОТЫ ГАЗОВОГО СЧЁТЧИКА СМТ-СМАРТ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА ГАЗА



Авторы:

ЛЕВАНДОВСКИЙ Владимир Александрович
Директор по развитию ООО «Техномер»



ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

В процессе длительной эксплуатации в сетях низкого давления счётчики газа испытывают различного рода воздействия, влияющие на его работоспособность, работоспособность отдельных узлов и режимов его работы. К таким воздействиям можно отнести, например, климатические. Предельные значения температуры и влажности могут вызвать ускоренный износ применяемых материалов, а их выход за пределы нормированных значений – привести к возникновению дополнительной погрешности измерения объёма газа, что сказывается на учёте газа за отчётный период. И чем больше количество подобных счётчиков и продолжительность периода их работы, тем большая величина потерь будет накапливаться в балансе региональной компании.

При проектировании конструкции и алгоритма работы программного обеспечения счётчиков газа СМТ-Смарт учитывались требования по реализации механизмов самодиагностики. Любой факт нарушения условий эксплуатации или потеря работоспособности отдельных узлов фиксируется в архиве событий счётчика и передается по каналам беспроводной связи на сервер поставщика газа, на котором устанавливается программно-технический комплекс «Газсеть». Назначен-

ние ПТК «Газсеть» – дистанционный сбор данных от большого числа счётчиков, преобразование, хранение, анализ и их передача в программно-сетевые комплексы верхнего уровня, например, ИУС-Газ. Таким образом, организовано три уровня обнаружения нештатной работы СМТ-Смарт. Это индикация возникновения нештатных ситуаций на табло самого счётчика, их визуализация в ПТК Газсеть, что позволяет оператору определить дефектный счётчик и, наконец, программа верхнего уровня ИУС-Газ помогает определить диспетчеру неисправные узлы учёта в целом по региону.

Рассмотрим основные параметры и режимы работы газового счётчика СМТ-Смарт, которые подвергаются контролю и анализу в процессе эксплуатации. Измерительным узлом счётчика является микротермальный измерительный модуль SGM, представляющий из себя классическое микропроцессорное устройство, со стандартным набором узлов – это чувствительные элементы, исполнительные устройства, память и собственно сам микропроцессор.

Режимы работы измерительного модуля контролирует встроенный в модуль микропроцессор и в цифровом виде передает информацию на центральный процессор счётчика газа. Выходными сигналами модуля SGM являются величина текущего расхода газа, приведённого к стандартным условиям, температура газа и обобщенный параметр качества газа Kf.

Параметр - расход газа, приведённый к стандартным условиям, используется для расчёта объёма газа и является основным метрологическим параметром счётчика в целом. Два других можно отнести в разряд служебных или технологических, позволяющих контролировать режимы работы измерительного модуля. Величина обобщенного параметра Kf зависит от теплофизических параметров измеряемой среды и состояния чувствительных элементов модуля. Микропроцессор счётчика, получая от измерительного модуля текущее значение параметра Kf, сравнивает его с допустимыми значениями и принимает решение о состоянии измерительного модуля, возможности его дальнейшей работы и достоверности измерений в данных условиях. Счётчик СМТ-Смарт предназначен для изме-

рения объёмов воздуха и природного газа. Любые другие газы, например, кислород, углекислый газ и др., вызывают выход значения параметра K_f за границы значений, соответствующих воздуху и природному газу, что будет идентифицировано счётчиком как нарушение режимов эксплуатации. Таким образом, могут быть обнаружены различные манипуляции со счётчиком, которые осуществляются путем преднамеренного воздействия на измерительный модуль счётчика с помощью посторонних аэрозолей, жидкостей и т.д. Аварийный сигнал от модуля микропроцессор счётчика СМТ-Смарт квалифицирует как отказ, производит соответствующую запись в архиве счётчика, после чего данная информация передается на сервер оператора. Таким образом, любое изменение состояния измеряемой среды, вызывающее некорректную работу счётчика, а также потеря работоспособности измерительного модуля будут зафиксированы, а соответствующая информация передана поставщику и потребителю газа.

В Технических условиях на счётчик СМТ-Смарт указан диапазон рабочих температур, для которого нормирована погрешность измерений. Выход за пределы указанного диапазона температур измеряемой среды может привести к возникновению нерегламентированных погрешностей измерения объёма газа. Такой режим является штатным и фиксируется в архиве событий. Используя данные о работе счётчика в штатной ситуации – температура измеряемой среды, время и измеренный объём, оператор газоснабжающей организации может использовать их для уточнения баланса газа в соответствии с действующей нормативной документацией.

Следующий параметр, который контролирует СМТ-Смарт, – максимальный расход измеряемого газа. В технических характеристиках счётчика указывается величина максимального расхода газа, превышение которой ведёт к увеличению погрешности выше нормированных значений. Также, как в случае с температурой, важно фиксировать измерение объёма газа, когда расходы его потребления выше указанных в паспорте прибора. В случае превышения измеряемого счётчиком расхода газа более чем $1,2 Q_{max}$, в архив событий делается соответствующая запись, фиксируется объём газа, измеренный в режиме превышения максимального расхода и интервал времени, в течении

которого фиксировалось данное нарушение. Сообщение о нарушении режимов потребления газа отправляется на сервер поставщика, где оно принимается и обрабатывается программой верхнего уровня.

СМТ-Смарт имеет компактную конструкцию и обладает возможностью универсального монтажа, т.к. может устанавливаться как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, а также под любым углом к горизонтальной поверхности. Малые габариты счётчика и универсальный монтаж облегчает и удешевляет процесс газификации объектов. Для нормальной работы необходимо строго ориентированное направление потока газа между входом и выходом счётчика. Для защиты от неправильной установки в СМТ-Смарт определяется реальное направление потока газа и, при фиксации направления потока газа обратного, по отношению к рабочему, на цифровом индикаторе счётчика появляется сообщение об ошибке. В этом случае монтажник может оперативно исправить ситуацию и установить счётчик таким образом, чтобы направление потока газа совпадало с указателем на корпусе измерительного модуля счётчика.

СМТ-Смарт выполнен в автономном исполнении, т.е. выполняет свои функции без внешних источников питания. Питание электронной схемы, микротермального измерительного модуля и модема связи осуществляется от установленных в корпусе счётчика литиевых батарей. Контроль за степенью разряда батарей питания осуществляется микропроцессором счётчика в течение всего периода работы, в том числе во время режимов передачи информации по беспроводным линиям связи. Информации об остаточной ёмкости батарей и необходимости их замены выводится на экран дисплея и записывается в архив событий.

Передача измеренных данных от счётчика на сервер поставщика газа по беспроводному интерфейсу является неотъемлемой функцией счётчика СМТ-Смарт. Наличие данного свойства позволяет отнести указанный прибор в разряд «умных приборов» и применять для работы в составе интеллектуальных систем учёта. Передача данных осуществляется по каналам сотовой связи либо по радиоканалу с запрограммированной периодичностью выхода на связь. Процесс передачи данных по сотовой связи многоступенчатый, при этом

выполнение каждого отдельного этапа контролируется, отображается на индикаторе и записывается в архив. В случае успешного сеанса связи дается команда на окончание процесса. Если по каким-то причинам данные не были переданы, осуществляется повторная попытка. Все сеансы связи, в том числе и завершившиеся неудачно, фиксируются. Этот факт при необходимости позволяет анализировать и настраивать работу каналов связи должным образом.

И, наконец, СМТ-Смарт имеет возможность оценивать и фиксировать условия, при которых он хранится на складах и транспортируется. Эти обстоятельства являются важными в цепочке движения счётчика от производителя до места установки и момента ввода в эксплуатацию. В этот период могут возникать различные нестандартные ситуации, которые, к тому же, могут создаваться и сознательно, в расчёте на то, что в период движения от производителя к потребителю счётчик находится вне контроля заинтересованных сторон. В это время возможно проведение различных манипуляций с прибором, цель которых - искажения будущих результатов измерений. Однако, в связи с автономным батарейным питанием счётчика СМТ-Смарт, после выхода из производства он непрерывно находится в активном состоянии и регистрирует в собственном архиве все внешние и внутренние процессы, происходящие с ним. При возникновении любой нештатной ситуации микропроцессорное устройство счётчика фиксирует его в собственном архиве. В дальнейшем, при проведении предварительной проверки счётчика до его ввода в эксплуатацию, а также при регистрации счётчика в ПТК «Газсеть», все нештатные ситуации в автоматическом режиме будут идентифицированы, в связи с чем приборы, подвергшиеся несанкционированным воздействиям, будут выявлены и в дальнейшем не допущены для коммерческого учёта газа.

Перечисленные выше функции самодиагностики счётчика СМТ-Смарт, а также наличие дистанционной передачи измеренных данных, событий и нештатных ситуаций в ПТК Газсеть, создают условия для надежной работы счётчика в течение всего периода эксплуатации.

Применение современных «умных счётчиков», оснащённых системой самодиагностики и каналами беспроводной передачи данных, является необходимой предпосылкой для успешного внедрения в газовой отрасли интеллектуальных систем учёта.

СЧЁТЧИК СМТ-СМАРТ: ИСПЫТАНИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

Новое изделие, проходя стадии разработки, подвергается различным видам испытаний: конструкторским – для целей отработки конструкции прибора и уточнения его параметров; технологическим – для проверки технологичности изготовления всего изделия и отдельных его частей; типовым – по специально разработанной программе и, наконец, испытаниям для целей утверждения типа средства измерений, если разрабатываемый прибор или устройство обладает метрологически значимыми характеристиками и относится к классу приборов, подлежащих обязательной сертификации и внесению в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. В статье [1] были приведены результаты испытаний прототипа счётчика, связанные с выяснением степени влияния предложенной конструкции корпуса счётчика на вид выходной характеристики используемого измерительного модуля, а также влияния прямых участков газопроводов на входе и выходе корпуса счётчика на его выходные параметры. Было показано, что предложенная конструкция корпуса, во-первых, не влияет на выходную характеристику измерительного модуля и, во-вторых, не прямые участки на входе и выходе корпуса измерительного модуля не искажают вид его выходной характеристики, что позволяет отказаться от прямых участков газопроводов, а также позволяет осуществлять монтаж данного счётчика в газопровод, расположенный под произвольным углом по отношению к горизонтальной плоскости (вертикально, горизонтально или под углом).

Однако в большей степени интересны результаты испытаний, связанных с проверкой метрологических характеристик счётчика на рабочей среде, в качестве которой использовался природный газ.

Применительно к механическим счётчикам объёмным диафрагменным, предназначенным для измерения объёма природного газа, ГОСТ 8.915-2016 в качестве поверочной среды рекомендует использовать воздух (см. п. 8.6.6.3). Аналогичная рекомендация для ультразвуковых расходомеров содержится в документе «Р.Газпром 5.13-2010 Организация и порядок проведения поверки и калибровки ультразвуковых преобразователей расхода в ОАО Газпром» (см. п.5.4.2.6). Очевидно, что использование природного газа в качестве поверочной среды в условиях серийного производства практически невозможно, и именно поэтому разработчиками измерительного модуля SGM 700x была проделана большая теоретическая и экспериментальная работа для обеспечения идентичности характеристик модуля на рабочих средах – воздух и природный газ – при его калибровке на воздухе. Для этих целей был разработан алгоритм динамической компенсации, который не только позволил решить вопрос получения идентичных характеристик модуля на воздухе и природном газе, но и обеспечил получение неизменности характеристик при возможных вариациях состава природного газа в пределах требований ГОСТ 5542 -2014 «Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия». Алгоритм динамической компенсации «зашит» непосредственно во встроенное программное обеспечение микроконтроллера модуля SGM 700x, в результате чего выходной сигнал модуля представляет собой расход газа, приведённый к стандартным условиям, не зависящий от типа среды (воздух или природный газ), а также от вариации текущих параметров - давления и температуры.

Проверка метрологических характеристик счётчика СМТ-Смарт на природном газе была произведена на базе промышленной площадки Филиала ПАО «Газпром газораспределение Нижний Новгород». В качестве эталонного средства измерения объёма газа, приведённого к стандартным условиям, использовалась установка поверочная СПУ-3

М-16, которая, в соответствии с ГОСТ Р 8.618-2014 «Государственная поверочная схема для средств измерений объёмного и массового расходов газа», отнесена к рабочим эталонам I разряда. На рис.1 приведен вид рабочего места, на котором проводились испытания.



Рис. 1 Фото рабочего места для проведения испытаний

Проверяемые счётчики СМТ-Смарт G4 предварительно были поверены на стенде УПСМ-30 с диапазоном задаваемых расходов 0,003 – 30 м³/ч, который обеспечивается набором критических сопел; рабочая среда «воздух». Значение относительной погрешности измерения объёма, приведённого к стандартным условиям, для всех счётчиков соответствовали требованиям ГОСТ Р 8.915-2016. Результаты проверки работы счётчиков на природном газе приведены на рис.2.

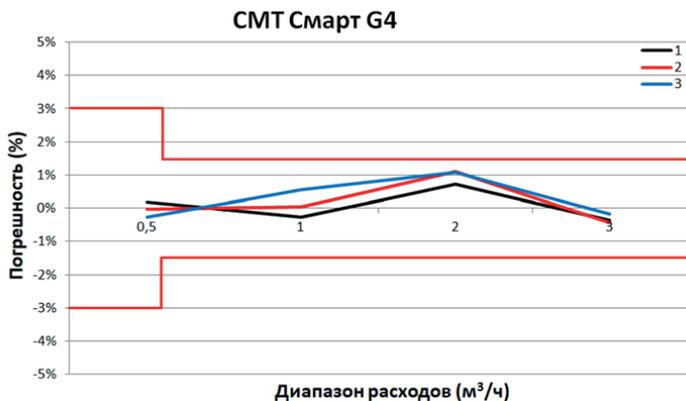


Рис.2. Результаты испытаний на природном газе

График 1 соответствует счётчику зав. N 651712000011, график 2 – счётчику зав. N 651712000012, график 3 – счётчику зав. N 651712000014. Рабочая среда – «природный газ» – Паспорт качества газа N Л-07-17-Г [2] за июль 2017 г., плотность при стандартных условиях - 0,6947 г/л, содержание метана - 95,9%. Из сравнения полученных результатов можно, во-первых, сделать вывод о высокой повторяемости характеристик проверяемых приборов и, во-вторых, о том, что приборы, откалиброванные на рабочей среде «воздух», по величине относительной погрешности измерения объёма, приведённого к стандартным условиям при работе на природном газе, не выходят за границы заявленной трубки допуска.

В дальнейшем испытания счётчиков были проведены на рабочей среде, в качестве которой использовалась поверочная газовая смесь производства ВНИИМ им. Д.И. Менделеева (г. Санкт-Петербург). Данная поверочная газовая смесь соответствует стандартному образцу утверждённого типа состава искусственной газовой смеси, содержащей углеводородные газы (УВ-ВНИИМ-ЭС) ГСО 10772-2016.

Газовая смесь (паспорт N 159 [3]) плотностью 0,7026 г/л содержала 94,93% метана, газовая смесь (паспорт N 161 [4]) плотностью 0,742 г/л содержала 90,5% метана. Результаты испытаний счётчиков приведены на рис. 3, 4.

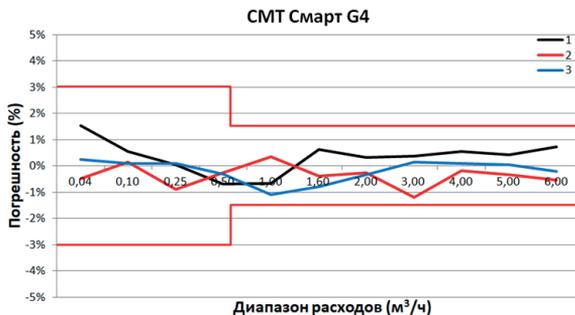


Рис.3 Испытания на газовой смеси – паспорт N159

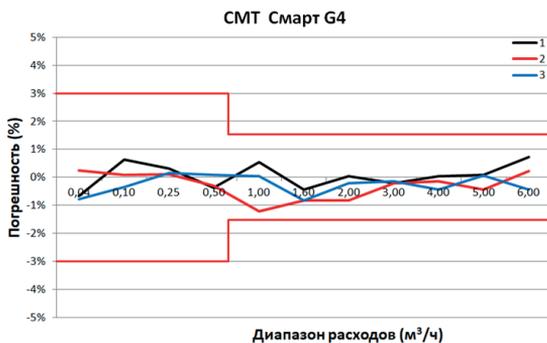
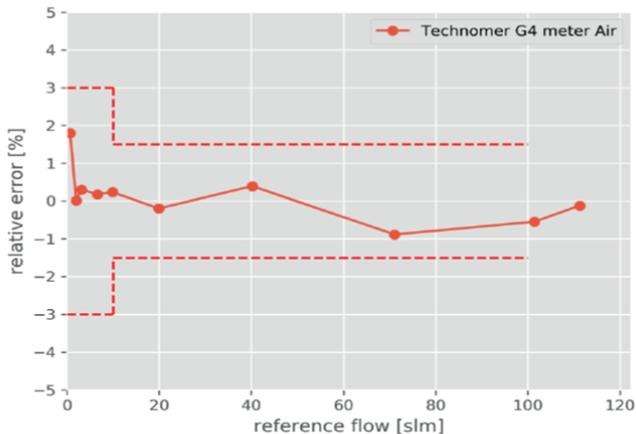


Рис.4 Испытания на газовой смеси – паспорт N161

График 1 соответствует счётчику зав. N 651712000011, график 2 – счётчику зав. N 651712000012, график 3 – счётчику зав. N 651712000014. Сравнивая графики, представленные на рис.3 и рис.4, можно сделать вывод о том, что в данном случае изменение физических параметров рабочей среды – плотности и процента содержания метана – не оказало влияния на величину относительной погрешности объёма, приведённого к стандартным условиям.

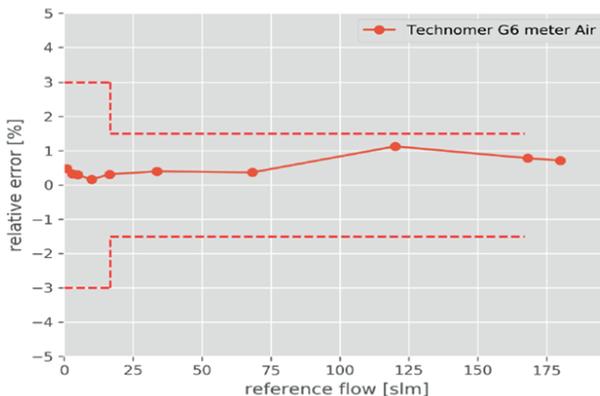
Руководством подразделения Research and Development предприятия Sensirion AG было предложено провести собственные сравнительные испытания счётчиков СМТ-Смарт при работе на воздухе и эквиваленте природного газа. Для этих целей в Швейцарию было

отправлено несколько счётчиков СМТ-Смарт с типоразмерами G4 и G6. Результаты испытаний счётчиков [5] представлены на рис. 5-7; в качестве рабочей среды применялся воздух и эквивалент природного газа – метан 100%.



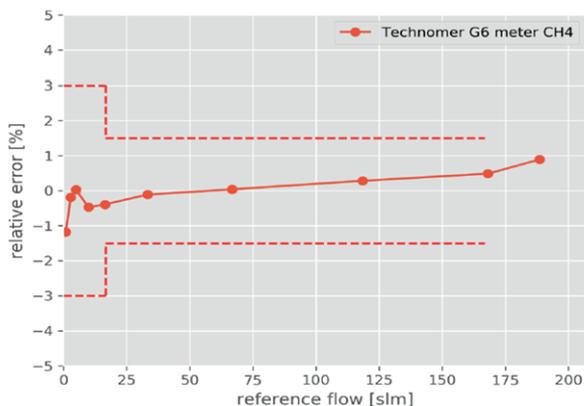
- G4 measurement in air is within specifications

Рис.5 СМТ-Смарт G4, рабочая среда - воздух



- G6 measurement in air is within specifications

Рис.6 СМТ-Смарт G6, рабочая среда - воздух



- G6 measurement in methane is within specifications

Рис. 7 СМТ-Смарт G6, рабочая среда - метан

Очевидно, что сама процедура проверки параметров, равно как и оборудование, на котором эта проверка производилась, существенным образом отличались от использованных нами, однако результаты испытаний практически идентичны.

И, наконец, еще одни испытания по определению относительной погрешности измерений объёма газа, приведённого к стандартным условиям, при работе на рабочей среде «природный газ» были проведены организацией ООО Центр Метрологии «СТП» (г. Казань), в рамках сертификационных испытаний счётчика СМТ-Смарт. Результаты данных испытаний приведены в [6]: «Относительная погрешность счётчиков при измерении объёма газа, приведённого к стандартным условиям, при каждом измерении не превышала $\pm 3\%$ в диапазоне расходов $Q_{\min} - 0,1Q_{\max}$ и $\pm 1,5\%$ в диапазоне свыше $0,1Q_{\max}$ до Q_{\max} включительно».

Следует отметить, что Европейским центром по сертификации NMI Certin B.V. Netherlands на этапе сертификационных испытаний модулей SGM 700x использовался широкий набор газовых смесей (см. табл.1); результаты данных испытаний подтвердили соответствие измерительных модулей классу точности 1,5.

Таблица 1

Component	TGH1	TGH2	TGH3	TGH4	TGH5	Methane
Methane	0,964	0,904	0,871	0,840	0,993	1,000
Carbon Dioxide	0,006	0,005	0,015	0,017	0,006	0,000
Nitrogen	0,003	0,024	0,006	0,050	0,018	0,000
Ethane	0,018	0,045	0,085	0,060	0,032	0,000
Propane	0,009	0,022	0,023	0,020	0,008	0,000
Hydrogen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Air	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
n-Butane	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,000
i-Butane	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
n-Pentane	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
i-Pentane	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000

Летом 2017 г. на основании договора, заключённого между ООО «Газпром межрегионгаз» (г. Санкт-Петербург) и АО «Гипрониигаз» (г. Саратов), были проведены испытания бытовых газовых счётчиков, серийный выпуск которых осуществляется различными производителями. Приборы, представленные для участия в испытаниях, отличались по принципу измерения – ультразвуковой, струйный, объёмный, по типу отсчётного устройства – механическое или электронное, а также по наличию механизма пересчёта измеренного объёма к стандартным условиям. Несмотря на то, что к моменту проведения испытаний работы по сертификации счётчика СМТ-Смарт не были завершены, данный прибор также был включён в список приборов, участвующих в испытаниях. Причиной послужило то, что приборы, построенные на микротермальном принципе измерения, на российском рынке отсутствуют, в то время как в Европе подобные приборы выпускаются серийно в массовых количествах. Счётчик СМТ-Смарт разрабатывался после вступления в действие ГОСТ 8.915–2016 и потому должен в полном объёме соответствовать требованиям этого документа. Перечень приборов, участвовавших в испытаниях, приведён в табл.2

Таблица 2

№	Марка, типоразмер	Производитель	Номер СИ в Госреестре	Группа*	Кол-во, шт.	Примечание
Ультразвуковой метод измерения						
1	Принц G4	ООО Завод «Радан»	53858-13	II	4	
Струйный метод измерения						
2	СГБМ-1,6 ТК	ООО «Бетар»	27702-11	I	4	Класс точности 1,5
3	СГМ - 1.6	ЗАО «Счетприбор»	51490-12	I	4	
4	Геликон G1.6	ЗАО «Саяны Трейд»	49900-12	I	4	Исп. П-ВН
5	Гранд -1,6 ТК	ООО НПО «Турбулентность-ДОН»	46503-11	I	4	Исполнение 2
6	Гранд -1,6	ООО НПО «Турбулентность-ДОН»	46503-11	I	4	
Струйный (парциальный) метод измерения						
7	Гранд -4 ТК	ООО НПО «Турбулентность-ДОН»	46503-11	II	4	Исполнение 2
Объёмный (диафрагменный) метод измерения. Механическая счётная голова						
8	ВК G4 Т V1.2	ООО «ЭЛЬСТЕР Газэлектроника»	49706-12	II	4	
9	Омега – Т G4	ЗАО «Газдевайс»	35868-15	II	4	
Объёмный (диафрагменный) метод измерения. Электронная счётная голова						
10	Омега ЭК G4	ЗАО «Газдевайс»	40612-09	II	4	
11	ВК-G4 ETe	ООО «ЭЛЬСТЕР Газэлектроника»	65231-16	II	4	
Объёмный (ротационный) метод измерения						
12	Тритон-Газ СРР 4	ООО «Лиом плюс»	49886-12	II	4	
Микротермальный метод измерения						
13	СМТ-Смарт G4	ООО «Техномер»		II	4	

Из приведённой таблицы видно, что большинство представленных приборов используют струйный или объёмный метод измерения, причём их сертификация проводилась достаточно давно (2011-2013). К новым приборам можно отнести только счётчики Омега–Т G4 сертификации 2015 г. (ЗАО «Газдевайс») и ВК-G4EТе сертификации 2016 г. (ООО «ЭЛЬСТЕР Газэлектроника»).

В таблице 3 приведён перечень проводимых испытаний.

Таблица 3

I. Определение метрологических характеристик при нормальных условиях эксплуатации приборов.		
Проверка маркировки	Визуально	
Проверка герметичности.		4.1
Опробование.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.2
Определение порога чувствительности.		4.3
Определение относительной погрешности при работе в нормальных условиях эксплуатации.		4.4
Определение потерь давления при нормальных условиях эксплуатации.		4.5
Определение степени влияния условий монтажа на метрологические характеристики приборов.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.15
Испытание счётчиков на сохранение метрологических свойств при разности температур окружающей среды и измеряемой среды.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч, температурная камера с диапазоном температур -40 ⁰ C ... +60 ⁰ C	4.16
Испытания на устойчивость к воздействию повышенной влажности окружающей среды.	Камера влажности.	4.17
Проверка счётчиков на защиту от обратного счёта при пропуске газа в направлении противопожарной стрелке.	Стенд задания расхода.	4.19
Проверка уровня шума.	Шумомер, стенд задания расхода.	4.20
Определение метрологических характеристик счётчика при работе в импульсном режиме газопотребления.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.21
Проверка степени защиты корпуса от проникновения внешних предметов.	Визуально.	4.22
Проверка сохранности результатов измерения при замене элемента питания.	Визуально.	4.23
Проверка ресурса элемента питания.	Осциллограф.	4.24
Определение стойкости счётчиков к электростатическим разрядам.	Установка пробойная.	4.25
Определение влияния загрязнения измерительной камеры счётчика на метрологические характеристики.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.27
Ресурсные испытания.	Стенд задания расхода	4.14

II. Определение степени влияния температуры окружающей и измеряемой среды на метрологические характеристики.		
Определение относительной погрешности при работе прибора при минимальном значении температуры окружающей и измеряемой среды.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч, температурная камера с диапазоном температур -40 ^o C ... +60 ^o C.	4.6
Определение относительной погрешности при работе прибора при максимальном значении температуры окружающей и измеряемой среды.		4.7
III. Определение степени влияния внешнего постоянного магнитного поля на метрологические характеристики		
Проверка работоспособности счётчиков при воздействии магнитного поля, вызванного постоянным магнитом.	Установка задания расхода	4.8
Определение относительной погрешности счётчика при воздействии магнитного поля, вызванного постоянным магнитом.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.9
IV. Определение степени влияния вибраций на метрологические характеристики		
Проверка работоспособности счётчиков после воздействия вибрации.	Стенд задания расхода, вибрационный стенд.	4.10
Определение относительной погрешности при воздействии вибрации на счётчик.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч, вибрационный стенд.	4.11
V. Определение метрологических характеристик при работе на природном газе.		
Определение относительной погрешности при работе на природном газе на расходе 0.1Q _{ном} .	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.12
Определение относительной погрешности при работе на природном газе на расходе 30 л/ч.	Установка поверочная со значением максимального расхода не менее 6 м ³ /ч.	4.13

Программа проведения испытаний [7] содержит 23 пункта, причем 15 пунктов касаются проверки влияния различных внешних факторов на работоспособность приборов. К внешним факторам в данном случае относятся условия монтажа и различные способы внешнего воздействия – магнитное поле, вибрация, импульсный режим работы, стойкость к электростатическим разрядам. Таким образом, данные испытания были направлены в первую очередь на проверку защищённости приборов от внешних манипуляций, цель которых - искажение результатов измерений.

Относительно результатов испытаний: в официальном заключении по итогам счётчик СМТ-Смарт указан в качестве одного из двух приборов, наиболее успешно прошедших данные испытания. С учётом того, что в испытаниях участвовал, так сказать, предсерийный образец

прибора, не прошедший к тому же сертификационных испытаний, данный результат можно считать вполне достойным. И это, в первую очередь, связано с применением микротермального принципа измерения, практически не подверженного влиянию внешних воздействий. Как известно, данный метод является базовым при производстве датчиков массового расхода воздуха, применяемых во всех без исключения автомобильных двигателях внутреннего сгорания, условия эксплуатации которых по степени тяжести не идут ни в какое сравнение с условиями эксплуатации бытовых счётчиков газа.

Сертификационные испытания счётчика СМТ–Смарт были завершены в марте 2018 г., по результатам которых получено Свидетельство об утверждении типа средства измерений RU.C.29.006.AN 70102 [8]. Также получен Сертификат соответствия N TCRUC-RU.BH 02.B.00620 [9], согласно которому счётчик СМТ–Смарт в части взрывозащиты соответствует требованиям ГОСТ 31610.0-2014, ГОСТ 31610.11-2014, его Ex-маркировка - 1Ex ibII BT4 GbX.

После завершения сертификационных испытаний счётчика СМТ–Смарт 29.05.2018 г. в ООО «Газпром межрегионгаз» (г. Санкт-Петербург) под председательством начальника управления по внедрению и эксплуатации АСКУГ и метрологии было проведено совещание–презентация микротермального счётчика газа СМТ–Смарт; в протоколе [10] по результатам совещания было поручено:

1) ООО «Техномер» разработать и аттестовать методику выполнения измерений данным счётчиком, внести счётчик в Госреестр СИ;

2) после разработки МВИ и внесения счётчика в Госреестр поручить ООО «Газпром межрегионгаз Оренбург», ООО «Газпром межрегионгаз Саратов» разработать программу опытной эксплуатации и ресурсных испытаний счётчиков и направить на рассмотрение в управление по внедрению и эксплуатации АСКУГ и метрологии ООО «Газпром межрегионгаз»;

3) в соответствии с утверждённой программой организовать опытную эксплуатацию, а также ресурсные испытания счётчиков СМТ–Смарт G4 и G6 в ООО «Газпром межрегионгаз Нижний Новгород»,

ООО «Газпром межрегионгаз Краснодар», ООО «Газпром межрегионгаз Ростов-на-Дону»;

4) по результатам опытной эксплуатации произвести анализ работоспособности счётчиков, сформировать статистику отказов и неисправностей счётчиков в объёме выборки, разработать предложения по совершенствованию конструкции. Провести сравнительный анализ показаний счётчиков СМТ-Смарт и счётчиков иных типов, установленных последовательно с ними.

В настоящее время счётчик СМТ-Смарт внесен в в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (N 71389 – 18). Относительно аттестации методики измерений на счётчик СМТ-Смарт получено официальное заключение ФГУП «ВНИИР» (г. Казань) [11]:

«Счётчики газа СМТ-Смарт предназначены для прямых измерений объёма, приведённого к стандартным условиям. Согласно пункту 2 статьи 5 Федерального закона от 26.06.2008 г. 102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений» методики (методы) измерений, предназначенные для выполнения прямых измерений, вносятся в эксплуатационную документацию на средства измерений. Подтверждение соответствия этих методик (методов) измерений обязательным метрологическим требованиям к измерениям осуществляется в процессе утверждения данных типов средств измерений.

Методика (метод) измерений с помощью счётчиков газа микро-термальных СМТ-Смарт приведена в эксплуатационном документе. Подтверждение соответствия данной методики (метода) измерений обязательным метрологическим требованиям к измерениям проведена при утверждении типа данного средства измерений и отдельной аттестации не подлежит.

Разработанный проект программы проведения эксплуатационных испытаний счётчика СМТ-Смарт проходит утверждение в согласованном порядке.»

Литература

1. Охотин А.А. «Счётчик СМТ-Смарт: технические характеристики и функциональные возможности»;
2. ООО «Газпромтрансгаз Нижний Новгород» Паспорт N Л-07-17-Г качества газа за июль 2017 г.;
3. ВНИИМ ЭМ Паспорт N 159. Поверочная газовая смесь;
4. ВНИИМ ЭМ Паспорт N 161. Поверочная газовая смесь;
5. SENSIRION Research and Development Measurement Report;
6. Центр Метрологии «СТП» Протокол испытаний N1;
7. АО «Гипрониигаз» «Программа испытаний средств измерения расхода газа»;
8. Свидетельство об утверждении типа средства измерений N 70102;
9. Сертификат соответствия N ТС RUC-RU.BH02.B.00620;
10. Протокол совещания ООО «Газпром межрегионгаз» г. Санкт-Петербург;
11. Письмо ФГУП «ВНИИР» от 06.06.2018 г.

СЧЁТЧИК СМТ-СМАРТ: ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

С 2 по 5 октября 2018 г. предприятие ООО «Техномер» принимало участие в работе Международной выставки «Рос Газ Экспо» г.Санкт-Петербург. На стенде предприятия, наряду с известной и хорошо себя зарекомендовавшей продукцией – разнообразными блоками питания для электронных корректоров газа и устройствами сбора и передачи данных от промышленных комплексов учёта расхода газа и счётчиков газа, устанавливаемых в бытовом секторе, – была впервые представлена полная линейка микротермальных счётчиков газа серии СМТ-Смарт. На стенде были представлены счётчики типоразмеров G4, G6, G10 и G16, а также информация о счётчике типоразмера G25, сертификация которого должна быть закончена в 1 квартале 2019 г. Ниже приведены фото стенда предприятия и образцов счётчика СМТ–Смарт, представленных на выставке.



Вместе с образцами счётчиков на стенде был представлен полный комплект текстовой документации, включая Описание типа на средство измерения, Руководство по эксплуатации, Сертификат соответствия ТР ТС, а также Декларация о соответствии ЕАЭС. Презентация счётчика СМТ-Смарт на выставке вызвала большой интерес у специалистов, что объясняется как высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками счётчика, достигнутыми с помощью использования нового микротермального принципа измерения, приведения в счётчике измеренного объёма газа к стандартным условиям с последующей передачей данных с помощью встроенного в счётчик модема GPRS/GSM связи, так и тем, что, к сожалению, на данной выставке практически отсутствовали образцы новых счётчиков газа. Производители данного вида продукции ограничились демонстрацией хорошо известных устройств, в основном механических диафрагменных газовых счётчиков.

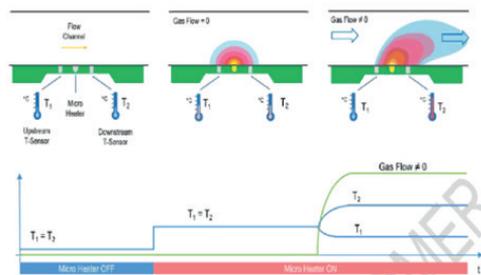
Результат общения со специалистами – посетителями выставки – показал, что информация о счётчике, размещённая на сайте предприятия, позволила ответить на многие вопросы, касающиеся теоретических аспектов применяемого метода измерения, конструкции прибора и особенно объёма проведённых испытаний и их результатов. Тем не менее, представителями различных организаций задавались вопросы, свидетельствующие о желании более детально ознакомиться с особенностями эксплуатации данного вида продукции. Ниже приведены ответы на наиболее часто задаваемые вопросы .

1. Термоанемометрический и микротермальный метод измерения. В чем их отличие друг от друга и почему не находят применения счётчики объёма природного газа на основе термоанемометра.

У этих методов есть общие черты. И тот и другой основаны на измерении эффекта теплового воздействия на поток или тело, контактирующее с потоком. Расходомеры, построенные на основе данных методов, измеряют массовый расход потока жидкости или газа, и их показания зависят от физических свойств измеряемой среды: плотности, динамической вязкости, теплопроводности и удельной теплоёмкости.

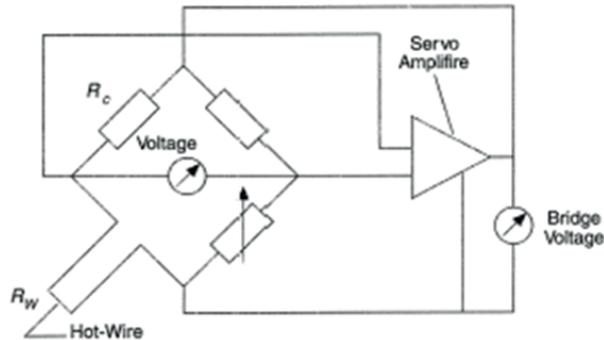
Т.к. данные методы используют тепловые свойства измеряемой среды, для работы в этих случаях необходимы нагреватели. В микро-термальном расходомере нагреватель представляет собой отдельный элемент схемы, в то время как в термоанемометрическом расходомере функцию нагревателя выполняет чувствительный элемент, изменение сопротивления которого пропорционально измеряемому параметру.

У микро-термальных расходомеров входным измеряемым параметром является разность температур измеряемой среды. Ниже приведена диаграмма, поясняющая принцип работы микро-термального расходомера.



В центре кристалла располагается нагреватель, по обе стороны от него – два датчика температуры потока. Если нагреватель выключен, датчики температуры измеряют температуру газа в канале, и при этом $T_1=T_2$. Если нагреватель включён, но поток газа отсутствует, температуры T_1 и T_2 будут также равны, и только в случае, когда нагреватель включён и имеется поток газа, температуры T_1 и T_2 не будут равны, и по величине температурного разбаланса можно судить о величине массового расхода. Более подробно работа микро-термального датчика описана в п.2 настоящей статьи.

Работа термоанемометра основана на зависимости между потерей тепла непрерывно нагреваемого тела и скоростью потока газа или жидкости, в которых это тело находится. Основное назначение термоанемометров – измерение местной скорости потока и её вектора. Детально работа термоанемометра описана в [1]. Ниже приведена упрощённая схема измерителя на базе термоанемометра.



В данной схеме коэффициент теплопередачи зависит от физических условий теплопередачи на поверхности нагретого датчика R_w , который может быть выражен в безразмерном виде:

$$Nu = 0,42 Pr^{0,2} + 0,51 Pr^{0,33} \times Re^{0,5}, \text{ где}$$

Nu – число Нуссельта

Pr – число Прантля

Re – число Рейнольдса.

С другой стороны, коэффициент теплопередачи для потока газа определяется выражением:

$$Nu = (A + B Re^n)(T/T_f)^{0,17}; T = 0,5(T_w + T_f), \text{ где}$$

T_w – температура на поверхности датчика

T_f – температура потока газа.

Рассмотренные уравнения теплопередачи термоанемометра определяют общий характер зависимости между мощностью, отдаваемой датчиком, и тепловым потоком над ним:

$$E^2 R_w / (R_c + R_w)^2 = (A + B U^{0,5})(T_w - T_f); \quad (1), \text{ где}$$

$$A = 0,42 \pi \lambda Pr^{0,2}, Pr = \mu c_p / \lambda; B = 0,51 \lambda Re^{0,5} Pr^{0,33}, Re = \rho U D / \mu.$$

Из данного уравнения видно, что выходной сигнал термоанемометра является комплексной функцией параметров измеряемой среды: плотности ρ , теплопроводности λ , удельной теплоёмкости c_p и динамической вязкости μ .

На практике для определения количественного соотношения между напряжением E на выходе моста и скоростью потока U в большинстве

случаев производится индивидуальная калибровка термоанемометра непосредственно на эталонной рабочей среде, имеющей стабильные физические параметры, не меняющиеся во времени. При этом используется упрощённое уравнение:

$$E^2 = A_1 + B_1 U^{0,5},$$

где константы A_1 и B_1 определяются экспериментально при калибровке анемометра.

Однако применение подобной методики применительно к измерению объёма природного газа с помощью термоанемометрического датчика практически невозможно. Дело в том, что компонентный состав и физико-химические свойства природного газа могут меняться в самых широких пределах - см.паспорта качества газа [2],[3],[4]. Как можно видеть из приведённых документов, при изменении процентного содержания метана в природном газе в диапазоне от 58,2023% до 96,61% плотность газа меняется от 0,6973 кг/м³ до 0,9373 кг/м³, в связи с чем само понятие «эталонный природный газ», с помощью которого можно было бы производить калибровку термоанемометрического расходомера, лишено смысла.

Ещё одно ограничение применения данного метода применительно к измерению объёма газа связано с его высокой энергозатратностью. Действительно, из уравнения (1) следует, что чувствительность метода напрямую определяется величиной перегрева, т.е. разностью температур датчика T_w и измеряемого потока газа T_p , причём эта разность температур с высокой точностью должна оставаться неизменной при всех вариациях температуры потока измеряемого газа. Для получения температуры датчика $T_w = 200^\circ\text{C}$, ток через него может достигать 0,2–0,5 А. Высокая потребляемая мощность является особенностью данного метода измерения, что делает невозможным построение на его основе приборов с автономным (батарейным) питанием, а именно такие приборы и могут применяться, например, в бытовом секторе для учёта потребляемого населением природного газа.

В заключение следует отметить, в настоящее время применение приборов на базе термоанемометрического метода измерения огра-

ничивается измерениями местной скорости в газовых потоках, как правило воздушных, а также исследованиями спектральных характеристик пульсации скорости в турбулентных течениях.

2. Поясните алгоритм работы модуля SGM 60xx, являющегося основным измерительным элементом счётчика СМТ-Смарт. Каким образом обеспечивается идентичность метрологических характеристик модуля на измеряемых средах «воздух/природный газ» при его калибровке на воздухе.

В качестве преобразователя расхода газа в счётчике используется микротермальный датчик (измерительный модуль серии SGM 60xx производства Sensirion AG, Швейцария), в котором реализован микротермальный (калориметрический) принцип измерения расхода газа.

Чувствительный элемент микротермального датчика выполнен по MEMS-технологии, что обеспечивает надёжность и высокую повторяемость метрологических характеристик счётчика газа. Схема, поясняющая устройство чувствительного элемента, представлена на рис.1.

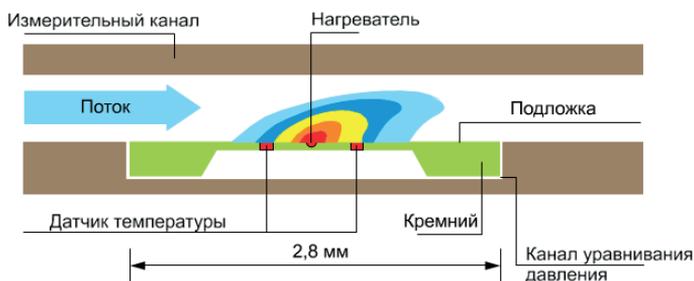


Рис. 1

Чувствительный элемент состоит из нагревателя и датчиков температуры T1 и T2, расположенных до и после нагревателя по потоку газа. Все элементы расположены на единой кремниевой подложке.

Принцип действия микротермального датчика основан на нагреве потока измеряемого газа в области, непосредственно примыкающей к датчикам температуры T1 и T2. Распределение температурных полей, создаваемых нагревателем (heater) в потоке газа (flow), приведено на рис.2.

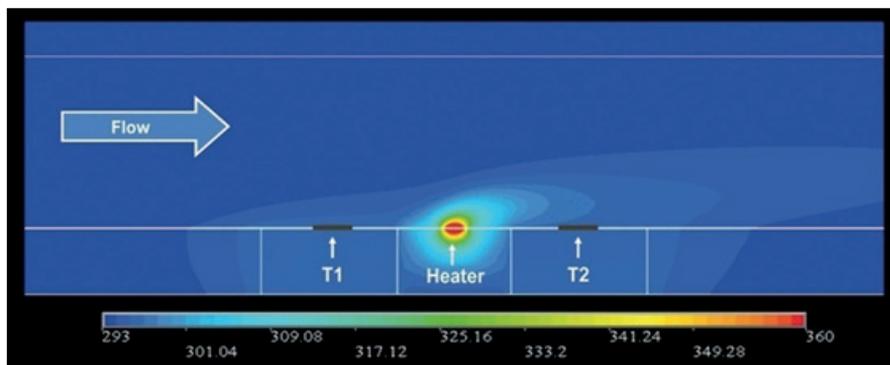


Рис. 2

Поток газа вызывает изменение эпюры распределения температур над поверхностью чувствительных элементов, что приводит к изменению значений температур, измеряемых датчиками температуры T1 и T2, расположенными до и после нагревателя. Полученная разница температур между двумя датчиками температуры служит в качестве выходного измеряемого сигнала, который, в свою очередь, является функцией массового расхода потока газа: чем больше величина массового расхода потока газа, тем больше разность температур.

Данная закономерность описывается законом Кинга:

$$|T2 - T1| = C_1 + C_2 \times (A \times v \times T_{ст} / T \times P / (P_{ст}) \times \rho_{ст} \times c_p)^n, \text{ где}$$

v - скорость (м/с)

A - площадь проточного канала, перпендикулярного скорости потока (м²)

c_p - теплоёмкость в J/(кг×K)

ρ_{ст} - стандартное давление (1013 мбар)

- T_{CT} - стандартная температура ($T = 20^{\circ}C$)
- ρ_{CT} - плотность в $кг/м^3$ при стандартных условиях
- $T1$ - температура до нагревателя
- $T2$ - температура после нагревателя
- T – рабочая температура
- P – рабочее давление
- $C1, C2$ – константы
- $n = 0,5$

Микротермальный датчик с высокой точностью измеряет расход газов или газовых смесей, если он калибруется непосредственно на данной измеряемой среде. На практике концентрации отдельных компонент природного газа могут меняться в широких пределах, в связи с чем калибровка микротермального датчика для всех возможных составов природного газа практически невозможна. Поэтому в датчике SGM 60xx используется способ калибровки на рабочей среде «воздух» с последующей корректировкой полученных результатов измерений применительно к текущим параметрам измеряемого природного газа.

Структурная схема алгоритма работы микротермального датчика приведена на рис.3.

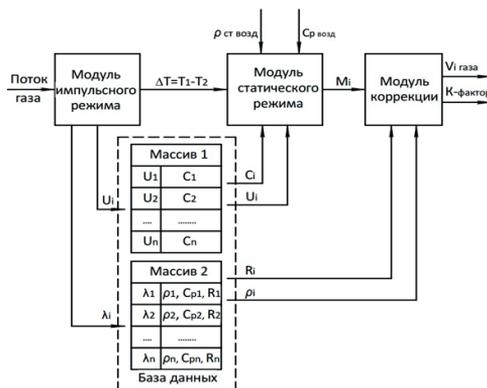


Рис.3 Структурная схема алгоритма работы датчика

Как видно из структурной схемы алгоритма, в датчике используются последовательно два метода измерения: импульсный и статический; алгоритм импульсного режима измерения защищён патентом, принадлежащим разработчику – «AG Sensirion». Результатом импульсного метода является измеренное значение скорости u_i потока газа через датчик и параметр λ_i - теплопроводность измеряемого газа; результатом статического метода является величина массового расхода m_i газа; в качестве исходных параметров газа для расчёта при этом используются значения плотности и удельной теплоёмкости воздуха при стандартных условиях. На заключительной стадии из полученной величины массового расхода m_i для воздуха с использованием расчётного значения параметра R_i производится вычисление величины объёмного расхода V_i измеряемого газа, также приведённого к стандартным условиям. Параметр R_i для каждого значения параметра λ_i вычисляется по формуле:

$$R_i = \rho_{\text{ст}i} \times c_{\text{pi}} / \rho_{\text{ст} \text{воздуха}} \times c_{\text{p} \text{воздуха}}$$

При выполнении вычислений датчик использует собственную базу данных, состоящую из массива 1 и массива 2. Массив 1 содержит индивидуальные калибровочные коэффициенты C_i датчика, определяемые на этапе его калибровки на воздухе при различных значениях расхода, приведённого к стандартным условиям. Массив 2 содержит параметры – плотность $\rho_{\text{ст}i}$ и удельную теплоёмкость c_{pi} , а также расчётный параметр R_i для природных газов, отличающихся компонентным составом, а также процентом содержания основной компоненты – метана. Данные, входящие в массив 2, определены на этапе разработки датчика и являются константами, не меняющимися в процессе его калибровки. Вычисление промежуточных значений для данных, содержащихся в массивах 1 и 2, производится с использованием метода наименьших квадратов.

Приведённый алгоритм работы микротермального датчика позволяет использовать при его калибровке в качестве рабочей среды воздух и сохранять полученные метрологические характеристики при переходе на рабочую среду «природный газ», независимо от возможных вариаций его компонентного состава.

При этом выходной сигнал микротермального датчика пропорцио-

нален объёмному расходу газа при стандартных условиях и не зависит от текущей температуры и давления измеряемого газа.

Информация о параметрах газа, измеряемых микротермальным датчиком: расходе газа, приведённого к стандартным условиям, температуре измеряемого газа, обобщённые теплофизические параметры измеряемой среды (значение К-фактора), а также результаты самодиагностики микротермального датчика, – по цифровому каналу связи передаётся в электронный блок для архивирования, отображения на индикаторном табло и передачи данных на удалённый сервер по каналу GSM/GPRS.

3. Проводились ли испытания счётчика СМТ-Смарт при работе с газом, имеющим в своём составе посторонние включения (пыль)? Если да, то каковы результаты испытаний?

Данный вопрос связан с особенностями конструкции модуля SGM 60xx, в котором кристалл чувствительного элемента устанавливается в байпасном канале, площадь поперечного сечения которого существенно меньше площади поперечного сечения основного газового канала. На этапе разработки данного модуля подразделением R&D «Sensirion AG» было уделено большое внимание отработке геометрии измерительного (байпасного) канала, а также использованию различных конструкторских решений, максимально препятствующих попаданию в него пыли и иных посторонних включений, которые могут содержаться в измеряемом природном газе. Данные меры позволили успешно провести сертификационные испытания модуля SGM и получить Европейский сертификат NMi Certin B.V. N 15200299-01 на средство измерения, в котором, в соответствии с требованиями Европейского Стандарта EN 14236, в программе сертификационных испытаний имеется пункт «Невосприимчивость к загрязнениям в потоке газа» - см.п. 2.1.1.8. «Immunity of contaminants in gas stream» [5].

Следует отметить, что в Российских документах – ГОСТ 8.611-2013 «Методы измерения с помощью ультразвуковых преобразователей расхода» и ГОСТ Р 8.915-2016 «Счётчики газа объёмные диафрагменные» аналогичных требований по невосприимчивости к загрязнениям

не содержится, в связи с чем при проведении испытаний счётчика СМТ-Смарт нами также были использованы рекомендации EN 14236: 2018 «Ultrasonic domestic gas meters». Схема установки для проведения испытаний на влияние пыли на метрологические характеристики счётчика приведена на рис.4.

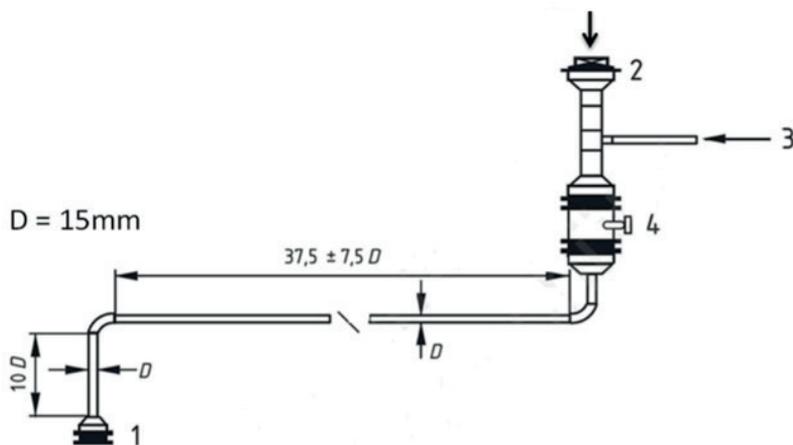


Рис.4 Схема установки испытательной

Элементы схемы установки:

- 1 – штуцер для подключения испытуемого счётчика;
- 2 – кассета с мелкодисперсным порошком;
- 3 – штуцер подачи потока газа;
- 4 – вентиль.

Рекомендованный состав мелкодисперсного порошка, имитирующего загрязнение, содержащиеся в потоке газа и процентное содержание компонент:

Fe₃O₄ - 79%; FeO - 12%; SiO (цвет – розовый) - 9%.

Однократно используемая масса смеси – 20 г. Размер частиц компонент порошка должен выбираться из ряда: 0-100 мкм, 100-200 мкм,

200-300 мкм, 300-400 мкм.

При проведении испытаний применялись компоненты с размерами 50-100 мкм.

На фото 1 приведен внешний вид модуля SGM, входящего в состав счётчика, до проведения испытаний, на фото 2 – модулей, извлеченных их счётчика после проведения испытаний.



Фото 1. Внешний вид модуля SGM до испытаний



Фото 2. Внешний вид модулей после испытаний

Результаты испытаний счётчиков СМТ-Смарт зав. NN 3018100011, 3018100016, 3018100021, 3018100008 приведены в табл. 1, 2, 3, 4.

Таблица 1

Расход, м ³ /ч	Погрешность, счётчика после испытаний, %	Погрешность счётчика до испытаний, %	Разность погрешностей, %	Погрешность по ГОСТ 8.915,%
Q _{max}	- 0,1	0,32	- 0,42	± 1,5
0,7 Q _{max}	0,28	- 0,01	0,29	± 1,5
0,4 Q _{max}	- 0,36	- 0,07	- 0,29	± 1,5
0,1 Q _{max}	0,3	0,11	0,19	± 1,5
10 Q _{min}	0,12	0,14	- 0,02	± 3
5 Q _{min}	0,06	0,02	0,04	± 3
Q _{min}	0,71	0,03	0,68	± 3

Таблица 2

Расход, м ³ /ч	Погрешность, счётчика после испытаний, %	Погрешность счётчика до испытаний, %	Разность погрешностей, %	Погрешность по ГОСТ 8.915,%
Q _{max}	0,29	0,07	0,22	± 1,5
0,7 Q _{max}	1,41	0,07	1,34	± 1,5
0,4 Q _{max}	- 0,41	- 0,19	- 0,22	± 1,5
0,1 Q _{max}	0,72	0,02	0,7	± 1,5
10 Q _{min}	0,74	0,00	0,74	± 3
5 Q _{min}	0,94	- 0,1	0,95	± 3
Q _{min}	1,9	- 0,29	2,19	± 3

Таблица 3

Расход, м ³ /ч	Погрешность, счётчика после испытаний, %	Погрешность счётчика до испытаний, %	Разность погрешностей, %	Погрешность по ГОСТ 8.915,%
Q _{max}	0,29	- 0,01	0,22	± 1,5
0,7 Q _{max}	1,39	0,48	1,34	± 1,5
0,4 Q _{max}	- 0,26	- 0,26	- 0,22	± 1,5
0,1 Q _{max}	0,92	- 0,03	0,7	± 1,5
10 Q _{min}	0,82	- 0,02	0,74	± 3
5 Q _{min}	0,78	- 0,1	0,95	± 3
Q _{min}	0,43	- 0,73	2,19	± 3

Таблица 4

Расход, м ³ /ч	Погрешность, счётчика после испытаний, %	Погрешность счётчика до испытаний, %	Разность погрешностей, %	Погрешность по ГОСТ 8.915,%
Q _{max}	- 0,43	- 0,13	- 0,3	± 1,5
0,7 Q _{max}	1,13	- 0,06	1,19	± 1,5
0,4 Q _{max}	- 0,53	- 0,42	- 0,11	± 1,5
0,1 Q _{max}	0,67	0,1	0,57	± 1,5
10 Q _{min}	0,56	0,08	0,48	± 3
5 Q _{min}	0,46	- 0,02	0,48	± 3
Q _{min}	0,94	0,06	0,88	± 3

Анализ результатов данных испытаний показал, что незначительное изменение метрологической характеристики счётчиков СМТ-Смарт на разных расходах имеет случайный характер, однако итоговая величина погрешности измерения для всех счётчиков не выходит за пределы, устанавливаемые ГОСТ 8.915-2016. Следует также отметить, что рекомендации документа EN 14236 в части проведения данных испытаний отличны от стандартных требований ГОСТ 8.915-2016. Во-первых, данные рекомендации применимы исключительно к диапазону расходов Q_{max} - 0,1Q_{max} испытуемого счётчика и, во-вторых, допустимое значение величины погрешности для данного диапазона измерения расширено до ± 2% в отличие от ± 1,5% по ГОСТ 8.915-2016. Естественно, при проведении испытаний счётчика СМТ-Смарт мы руководствовались требованиями ГОСТ 8.915-2016.

4. Почему результаты измерений модуля SGM 700x не зависят от параметров измеряемой среды – температуры и давления?

Следует уточнить, выходным измеряемым параметром самого модуля SGM 7000x является объём газа, приведённый к стандартным условиям, и его измерение не зависит от текущих параметров измеря-

емой среды – давления и температуры. Объясняется это тем, что тепловые газовые расходомеры, а именно микротермальные (иное название - калориметрические) и термоконвективные – измеряют именно массовый расход измеряемого газа в единицу времени, и при этом объём газа, приведённый к стандартным условиям, полученный из значения массового расхода, не зависит от текущих параметров газа. Поясним это на примере.

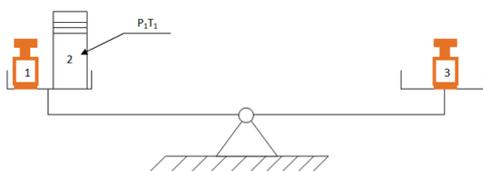


Рис.1

На рис.1 схематично изображены весы, на левой чаше которых установлен цилиндр 2 с газом (давление P_1 и температура T_1) и поршнем – переток газа через поршень исключён, – а также дополнительный груз 1 массой m_1 . На правой чаше находится груз 3 массой m_2 , который уравнивает массу груза 1 и газа в цилиндре 2. Будем считать, что масса цилиндра и поршня равна нулю. Тогда масса газа M_g будет равна:

$$M_g = m_3 - m_1 \quad (1),$$

а объём газа в цилиндре 2, приведённый к стандартным условиям, будет равен:

$$V_c = (m_3 - m_1) / \rho_c \quad (2),$$

где ρ_c – плотность газа при стандартных условиях (температура плюс 20°C , давление $101,3 \text{ кПа}$).

Изменим начальные условия, для этого установим груз 1 непосредственно на поршень в цилиндре 2. Поршень переместится вниз до нового равновесного состояния, при этом параметры газа в цилиндре изменятся с P_1, T_1 на P_2, T_2 – см. рис.2.

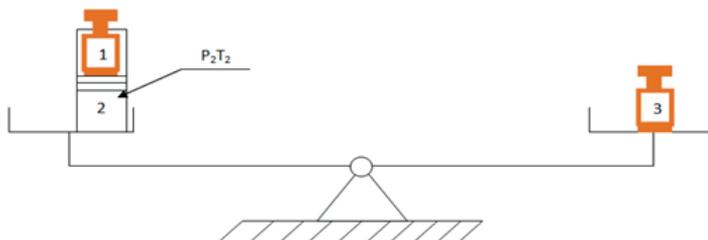


Рис.2

Положение равновесия чаш весов в этом случае не нарушится, т.к. масса газа в цилиндре останется прежней, и, следовательно, несмотря на то что текущие параметры газа в цилиндре - давление, температура и текущий объём - изменились, значение объёма газа, приведённого к стандартным условиям, рассчитанное в соответствии с (1), (2) остаётся прежним.

Важным следствием из рассмотренного примера является то, что массовый микротермальный расходомер будет правильно рассчитывать объём, приведённый к стандартным условиям, и в случае, когда параметры газа на входе расходомера будут изменяться непрерывно. Схема установки приведена на рис.3.

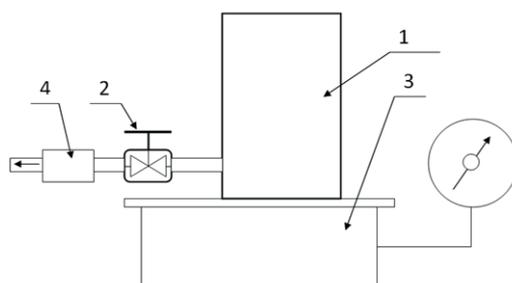


Рис.3

На весах 3 установлен цилиндр 1 с газом, начальные параметры которого – давление P_1 и температура T_1 . Естественно, начальное давление P_1 газа в цилиндре должно быть выше атмосферного. На

выходном из цилиндра 1 трубопроводе установлены вентиль 2 и далее массовый расходомер 4. При закрытом вентиле 2 индикатор весов фиксирует суммарную массу m_1 всех элементов конструкции, включая массу газа в цилиндре 1, т.к. расхода газа в данном случае нет: вентиль 2 закрыт, расходомер 4 фиксирует нулевой массовый расход и, соответственно, нулевой объёмный расход, приведённый к стандартным условиям. При открытом вентиле 2 газ из цилиндра 1 через расходомер 4 выходит в атмосферу, при этом давление в цилиндре уменьшается, будет меняться и температура газа в цилиндре. Расходомер 4 будет непрерывно измерять мгновенные значения массового расхода газа при текущих меняющихся параметрах состояния газа и рассчитывать объёмный расход V_c , приведённый к стандартным условиям в соответствии с (2):

$$V_{ci} = m_i(\text{var}P_i, T_i) / \rho_c .$$

Используемое при расчётах значение ρ_c - плотность воздуха при стандартных условиях - в виде константы записано в память микроконтроллера измерительного модуля SGM 700x. При измерении расхода природного газа микроконтроллер модуля, используя в алгоритме динамической компенсации текущие теплофизические параметры измеряемой среды, осуществляет корректировку константного значения ρ_c , что обеспечивает получение идентичных выходных характеристик модуля при измерении как потока воздуха, так и природного газа. Алгоритм динамической компенсации «зашит» непосредственно во встроенное программное обеспечение микроконтроллера модуля SGM 700x, в результате чего выходной сигнал модуля представляет собой расход газа, приведённый к стандартным условиям, не зависящий от типа среды, воздух или природный газ.

5. Почему в комплекте технической документации на счётчик СМТ-Смарт нет Методики измерений, зарегистрированной в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений?

Требования к методикам измерений регламентированы Феде-

ральным законом N 102 «Об обеспечении единства измерений», п.1 статья 5:

«Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться по аттестованным методикам (методам) измерений, за исключением методик (методов) измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений, с применением средств измерений утверждённого типа, прошедших поверку».

Далее п.2 статьи 5 Федерального закона уточняет особенности аттестации методик измерений применительно к процедуре прямых измерений: «Методики (методы) измерений, предназначенные для выполнения прямых измерений, вносятся в эксплуатационную документацию на средства измерений. Подтверждение соответствия этих методик (методов) измерений обязательным метрологическим требованиям к измерениям осуществляется в процессе утверждения типов данных средств измерений».

Таким образом, применительно к процедуре прямых измерений отдельный документ - Методика измерений - не должен разрабатываться и, соответственно, проходить процедуру аттестации, т.к. описание методов измерений вносятся в эксплуатационную документацию на данное средство измерения.

Что следует относить к прямым измерениям? Формулировка приведена в п.19 статьи 2 Федерального закона: «Прямое измерение - измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений». Отсюда косвенное измерение – это измерение, при котором искомое значение величины определяется пересчётом результатов прямых измерений величин, связанных с искомой величиной известной нам зависимостью.

Исходя из данных определений, механический диафрагменный счётчик газа, измеряющий объём газа при рабочих условиях измеряемой среды, – прибор прямого измерения, т.к. измеренное значение (объём газа) получается непосредственно от данного средства измерения, без привлечения каких-либо дополнительных измерительных устройств, и в полном соответствии с п.2 статьи 5 ФЗ N102 для данного прибора не может быть аттестован отдельный самостоятельный

документ – Методика измерений. С другой стороны, в том же счётчике, но укомплектованном электронным устройством, осуществляющим на основе прямых измерений температуры и давления газа приведение объёма к стандартным условиям, реализуется косвенный способ измерения, и для такого прибора аттестация Методики измерения является обязательной процедурой. Заметим, что диафрагменный счётчик со встроенным механическим температурным корректором также является прибором прямого измерения, т.к. для получения результатов измерения – объёма газа, приведённого к температуре 20°C не используются какие-либо результаты дополнительных прямых измерений; механический температурный корректор является элементом конструкции счётчика и не относится к средствам измерений с заявленной величиной относительной погрешности измерений.

В соответствии с приведённым выше определением счётчик СМТ-Смарт является прибором, осуществляющим прямое измерение, т.к. искомая измеряемая величина – объём газа, приведённый к стандартным условиям, – получается непосредственно от данного средства измерения, без привлечения результатов других прямых измерений, в связи с чем для данного счётчика не требуется разработка и аттестация Методики измерения. Это нашло свое подтверждение в письме заместителя директора по научной работе ФГУП ВНИИР (исх. N 1889/02 от 06.06.2018г.) В.А.Фафурина на имя начальника Управления по внедрению и эксплуатации АСКУГ и метрологии ООО «Газпроммежрегионгаз» Д.Ю.Кутового [6].

Со стороны организаций, занимающихся сертификацией средств измерений, отказ в аттестации Методики измерений на приборы прямого измерения – стандартная процедура. Так, письменный отказ в аттестации Методики измерений счётчика газа серии Гранд выдан ФГУП ВНИИМС (г. Москва) – соответствующая информация об этом размещена на сайте производителя счётчика [7].

Причину, по которой для метода прямого измерения не требуется аттестация отдельной Методики измерений, можно пояснить следующим образом. В п.5.2.1 ГОСТ Р 8.563-2009 «Методики (методы) изме-

рений» использовано понятие «неопределённость измерений», содержание данного понятия раскрывает ГОСТ Р 54500.3.1 «Неопределённость измерения. Руководство по выражению неопределённости измерения», в котором описана процедура расчёта относительной расширенной неопределённости измерения при выбранном коэффициенте охвата.

Рассмотрим пример подобного расчёта на примере диафрагменного счётчика с электронным устройством, осуществляющим на основе измерения давления и температуры газа, приведение объёма газа к стандартным условиям. В этом случае результатами прямых измерений будут измеренный объём газа при рабочих условиях, температура и абсолютное давление газа. Для каждого из перечисленных измеряемых параметров, исходя из заявленных пределов допускаемой относительной погрешности измерений δ_i , рассчитывается соответствующая относительная стандартная неопределённость измерений u_i ; далее производится расчёт относительной суммарной стандартной неопределённости измерений объёма газа, приведённого к стандартным условиям, %:

$$u_c = \sqrt{\sum u_i^2},$$

и, наконец, с учётом выбранного коэффициента охвата (например, 2) вычисляется значение относительной расширенной неопределённости измерений объёма газа, приведённого к стандартным условиям, %:

$$U_c = 2u_c.$$

Из приведённой процедуры расчёта видно, что для средства измерения, построенного на принципе прямого измерения, где искомое значение измеряемой величины не содержит результатов других прямых измерений, вычисление относительной расширенной неопределённости измерений теряет смысл, т.к. суммарная стандартная неопределённость измерений всегда будет состоять из одной единственной относительной стандартной неопределённости измерения, относящейся к искомому значению измеряемой величины. Значение относительной стандартной неопределённости измерения, в свою очередь, однозначно определяется продекларированным пределом

допускаемой относительной погрешности измерений искомой величины. Таким образом, для метода прямого измерения значение относительной расширенной неопределённости измерений всегда равно пределу допускаемой относительной погрешности измерения искомой величины. Подтверждение заявленного предела допускаемой относительной погрешности измерения искомой величины на основании методик (методов) измерений, внесённых в эксплуатационную документацию средства измерения, является обязательным метрологическим требованием к измерениям в процессе утверждения типа данного средства измерения.

Литература

1. Шехтер Ю.Л. «Термоанемометры», «Объединённый институт высоких температур РАН», Москва, сборник статей 2003 г.;
2. Паспорт качества газа N 08-10;
3. Паспорт качества газа N 07-17;
4. Паспорт качества газа N 08-05;
5. Sensirion AG «Type Evaluation Report Overview for SGM by Certin B.V.»;
6. Письмо ФГУП ВНИИР г. Казань относительно счётчика СМТ-Смарт (исх.N 1889/02 от 06.06.2018 г.);
7. Письмо ФГУП ВНИИМС г. Москва относительно счётчика Гранд (исх.N 208/10-173 от 20.06.2013 г.).

СЧЁТЧИК СМТ-СМАРТ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

Газовый счётчик СМТ-Смарт получил расширенные функциональные возможности за счёт встраивания в его конструкцию электронного клапана, с помощью которого осуществляется управление потоком газа, проходящего через счётчик. В настоящее время возможна установка клапана в счётчики типоразмеров G4, G6 и G10. Габаритные размеры счётчиков СМТ-Смарт как со встроенным клапаном, так и без него остаются неизменными для всех типоразмеров.

Наличие управляемого клапана является одним из требований, выполнение которого даёт возможность применения счётчика для работы в составе интеллектуальных систем учёта (ИСУ) газа. Общие требования к приборам учёта для работы в составе ИСУ приведены в Ф3 N522 от 27.12.2018 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учёта электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» [1]; с предложениями к функциональным характеристикам счётчиков, предназначенным для работы в составе ИСУ газа, можно ознакомиться в статье «Об учёте газа, неплатежах и «умных счётчиках» [2], размещенной на сайте нашего предприятия.

На рис.1 приведена конструкция счётчика СМТ-Смарт со встроенным клапаном.

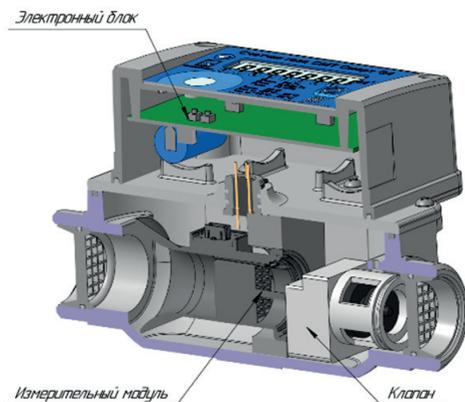


Рис.1. Конструкция счётчика со встроенным клапаном

На рис.2 приведена метрологическая характеристика счётчика (типоразмер G4) в рабочем диапазоне измеряемых расходов и кривая перепада давления.

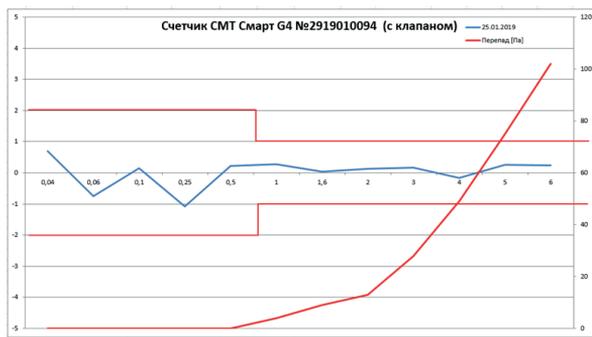


Рис.2 Метрологические характеристики счётчика с клапаном

Из приведенных на рис.2 характеристик можно сделать вывод о том, что, во-первых, встраивание клапана непосредственно в конструкцию счётчика не повлияло на величину погрешности измерения счётчика во всём рабочем диапазоне расходов и, во-вторых, потеря давления на счётчике при расходе $Q_{тах}$ не превышает 100 Па,

что соответствует требованиям, изложенным в Описании типа средства измерений счётчика газа микротермального СМТ-Смарт: 150 Па для типоразмера G4 и 250 Па для типоразмера G6, G10 соответственно.

Управление встроенным клапаном осуществляется микроконтроллером счётчика. Изменение состояния клапана (подача газа включена/блокирована) может производиться как по команде оператора поставщика газа, используя беспроводной интерфейс GSM/GPRS связи, так и автоматически – по командам микроконтроллера счётчика. Условия, при которых микроконтроллер автоматически осуществляет прямое управление клапаном, следующие:

- измеренное значение расхода газа после открытия клапана превышает $0,015 \text{ м}^3/\text{ч}$; интервал времени измерения расхода газа после открытия клапана не более 1 мин; при обнаружении расхода газа клапан закрывается и по прошествии 1 мин попытка открытия повторяется; всего попыток открытия клапана может быть не более 3-х;
- превышение максимально допустимого расхода газа ($Q \geq 1,2Q_{\text{max}}$) через счётчик; контрольный интервал времени, после которого клапан будет закрыт (1 нед – 1 мес), программируется оператором удаленно по каналу GSM/GPRS связи;
- разряд встроенной в счётчик батареи до минимально допустимого уровня;
- обнаружение попытки вскрытия крышки корпуса счётчика;
- обнаружения обратного потока газа (время непрерывной фиксации обратного потока – не менее 1 мин);
- попытка вмешательства в работу счётчика, которая может привести к искажению результатов измерений или нарушению его работоспособности.

Выполнение каждой команды закрытия/открытия клапана сопровождается передачей информации об итоговом состоянии клапана на сервер оператора. В архивной памяти счётчика фиксируется каждый факт изменения состояния клапана счётчика, время его выполнения, а также причина, приведшая к изменению его состояния. Информация о текущем состоянии клапана (открыт/закрыт), наряду с измеренным

объёмом газа, передается на сервер оператора при каждом очередном сеансе связи.

В режиме самодиагностики микроконтроллер счётчика производит проверку работоспособности клапана, используя для этого текущее измеренное значение расхода газа и информацию из памяти микроконтроллера о последней команде управления, приведшей к изменению состояния клапана.

Наличие клапана, встроенного в корпус счётчика и управляемого непосредственно по командам оператора поставщика газа, существенно упрощает процедуру отключения подачи газа должникам, т.к. для выполнения данной процедуры не требуется обязательного присутствия работников газовой службы в помещении потребителя газа – квартире, расположенной в многоквартирном доме или расположенной на большом удалении от офиса службы технической поддержки поставщика газа. Включение потребителю подачи газа после оплаты накопленного долга может быть осуществлено также дистанционно по команде оператора с последующим контролем изменения состояния клапана микроконтроллером счётчика.

Наряду с измерением объёма счётчик СМТ-Смарт измеряет и мгновенное значение расхода газа, что дает возможность осуществлять объективный контроль работоспособности клапана при выполнении каждой команды изменения его текущего состояния.

Литература

1. Федеральный закон N 522 от 27.12.2018г «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учёта электрической энергии (мощности) в Российской Федерации»;
2. Левандовский В.А., Охотин А.А. «Об учёте газа, неплатежах и «умных счётчиках».

УМНЫЙ СЧЁТЧИК ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА ГАЗА: ЕСТЬ ЛИ ВЫБОР?



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

В декабре 2018 года в Правительстве РФ прошло совещание, темой которого было развитие интеллектуальных систем учёта (ИСУ) электроэнергии. По результатам совещания дано поручение Минэнерго, Минэкономки и ФАС проработать вопрос применения «умных счётчиков» с целью последующего внедрения ИСУ на газ.

В последовавших публикациях основное внимание уделялось чрезмерно высокой стоимости установки так называемых «умных счётчиков газа», которые якобы уже производятся серийно. Непонятно, о каких серийно выпускаемых «умных счётчиках» можно было говорить, если до настоящего времени отсутствуют согласованные и утверждённые требования, предъявляемые к приборам учёта для работы в составе ИСУ на газ? Ситуация несколько прояснилась после принятия ФЗ от 27.12.2018 г. N 522 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учёта электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» [1], в котором приведены обобщенные характеристики приборов учёта, предназначенных для работы в составе ИСУ.

Принимая во внимание специфику работы приборов учёта, в настоящей статье проведён анализ серийно выпускаемых счётчиков газа на предмет возможности их работы в составе ИСУ. При этом на первом этапе были отобраны серийно выпускаемые счётчики газа, удовлетворяющие требованиям по измерению объёма газа, скорректированного по температуре с помощью микроконтроллера, встроен-

ного в счётчик, и имеющие канал удаленной передачи данных.

В табл.1 приведён перечень приборов, удовлетворяющих данному минимальному набору требований.

Марка счётчика, типоразмер	Производитель	Принцип измерения	Приведение объёма к стандартным условиям	Сертификат
СГБУ G1,6 - G6	ООО ПКФ «Бетар» г. Чистополь	Ультразвуковой	Коррекция по температуре газа	N 57861 от 18.02.2015
Омега ЭТК GSM G1,6 – G4	ЗАО «Газдевайс» Московская обл.	Объёмный диафрагменный	Коррекция по температуре газа	N 60073/2 от 19.05.2017
ВК-G ETe G4, G6	ООО «Эльстер Газэлектроника» г. Арзамас	Объёмный диафрагменный	Коррекция по температуре газа	N63671 от 28.09.2016
Гранд – SPI G4 – G10	ООО НПО «Турбулентность – ДОН», Ростовская обл.	Струйный	Коррекция по температуре и давлению газа	N 54042/1 от 30.05.2018
СГБЭТ «Сигма» G1,6 – G10	ООО ЭПО «Сигнал» г. Энгельс	Объёмный диафрагменный	Коррекция по температуре газа	N 67988 от 27.11.2017
Вектор – Т G4	НПП «Скайметр» г. Ростов-на-Дону	Объёмный диафрагменный	Коррекция по температуре газа	N 64875 от 18.01.2017
СМТ-Смарт G4 – G25	ООО «Техномер» г. Арзамас	Микротермальный массовый	Прямое измерение объёма, приведённого к стандартным условиям	N 70102 от 14.06.2018

В перечне приборов, представленных в табл.1, отсутствуют счётчики газа, выпускаемые такими крупными производителями, как

GoldCard (Китай), Actaris (Франция), Elektromed (Турция). Это связано с тем, что в линейках производимой ими продукции у них отсутствуют счётчики, осуществляющие приведение измеренного объёма газа к стандартным условиям. Следует также обратить внимание на то, что большинство приборов, представленных в табл.1, используют объёмный (диафрагменный) способ измерения, т.е. данные приборы были разработаны на базе ранее выпускавшихся счётчиков с механическим отсчётным устройством, в которых отсутствовали какие-либо электронные компоненты. Также следует указать, что большинство счётчиков имеют действующие сертификаты, выданные уже после вступления в силу ГОСТ Р 8.915-2016.

Будет совершенно неправильно ограничивать возможности счётчиков газа при работе в составе ИСУ только измерением объёма газа с последующей передачей данных поставщику. Современные счётчики, построенные с использованием встроенных микроконтроллеров, должны относиться к классу интеллектуальных приборов, обладающих расширенными функциональными возможностями. В статье «Об учёте газа, неплатежах и “умных счётчиках”» [2] была сделана попытка предложить критерии, которым должны соответствовать подобные интеллектуальные счётчики газа:

1. Счётчик должен обеспечивать измерение прошедшего объёма газа, приведённого к стандартным условиям по температуре (+20°C) и давлению (101,3 кПа);
2. Наличие встроенного в счётчик управляемого клапана;
3. Работа микроконтроллера счётчика в режиме самодиагностики для осуществления контроля работоспособности счётчика, отдельных его узлов и условий эксплуатации;
4. Передача данных от счётчика на сервер поставщика газа по беспроводному интерфейсу;
5. Работа в составе различных интеллектуальных систем учёта верхнего уровня;
6. Конструкция и принцип измерения объёма газа счётчиком должны обеспечивать максимальную защиту от внешних, в т.ч. несанкционированных, воздействий, искажающих результаты измерения объёма.

Рассмотрим, в какой степени счётчики, приведённые в табл.1, соответствуют предложенным выше критериям (далее номер пункта сравнения соответствует номеру пункта выбранного критерия).

1. Может показаться, что требования данного пункта выполняются всеми предложенными счётчиками, однако на самом деле только два из них осуществляют измерение объёма газа, приведённого к стандартным условиям, корректно: Гранд-SPI (исполнение TPz) и СМТ-Смарт, остальные счётчики для вычисления стандартного объёма используют измеренную температуру газа и подстановочные (константные) значения абсолютного давления газа и относительного коэффициента сжимаемости. Как известно, приведение объёма газа к стандартным условиям (при использовании значения коэффициента сжимаемости газа «К» в виде условно-постоянной величины) производится по формуле:

$$V_{ст} = V_{раб} (P_{абс.изм} \times T_{ст} / P_{ст} \times T_{изм} \times K),$$
 где
 $P_{абс.изм}$, $T_{изм}$ – соответственно измеренные давление и температура газа;

$P_{ст}$, $T_{ст}$ – стандартные значения давления и температуры газа по ГОСТ 2939.

Исходя из приведенной формулы, очевидно, что погрешность приведения объёма к стандартным условиям в равной мере зависит и от температуры газа, и от его абсолютного давления. Использование подстановочного значения давления взамен измеренного приводит к расхождению объёмов газа, переданных поставщиком и измеренных потребителем. Так, при относительном давлении газа в трубе 2 кПа и вариациях атмосферного давления в диапазоне 84-106,7 кПа предельное значение дополнительной погрешности вычисления объёма, приведённого к стандартным условиям при использовании подстановочных значений давления может составлять $\pm 5\%$. Как быть в таком случае? Очевидно, что для подобного способа измерения нет хорошего варианта – либо производитель счётчика должен указать в документах значение относительной погрешности измерения на уровне $\pm 5,7\%$ для Q_{max} и $\pm 6,5\%$ для Q_{min} соответственно, либо установить разрешённый для работы счётчика диапазон атмосферного давления на уровне, при котором будут соблюдены требования по

величине относительной погрешности счётчика в соответствии с ГОСТ Р 8.915-2016, что абсурдно по сути. Есть, конечно, и третий вариант – не учитывать давление в газовой трубе и не использовать при этом какие-либо подстановочные значения – так, как это сделано в ультразвуковом счётчике СГБУ. Но коррекция объёма на стороне потребителя только по температуре приведёт к возможному расхождению объёмов газа, измеренных поставщиком и потребителем, на те же $\pm 5\%$, т.к. поставщик газа всегда производит учёт отпущенного потребителю объёма, приведённому к стандартным условиям с учётом измеренных значений температуры и давления газа.

2. Управляемый клапан отсечки газа имеется только в счётчиках Омега ЭТК, СМТ-Смарт и Гранд-SPI, однако в последнем случае клапан установлен не внутри корпуса счётчика, а вне его, и, кроме того, управляется клапан от автономной системы контроля утечки газа, не имеющей к счётчику прямого отношения. Правильнее считать, что счётчик Гранд-SPI клапана, встроенного в корпус счётчика, не имеет.

Возможные режимы управления клапаном приведены в [2]. К ним относятся:

- измеренное значение расхода газа после открытия клапана превышает $0,015 \text{ м}^3/\text{ч}$, что свидетельствует об утечке – интервал времени измерения расхода газа после открытия клапана должен быть не более 1 мин. При обнаружении расхода газа клапан должен быть закрыт, и по прошествии 1 мин попытка открытия должна быть повторена. Всего попыток открытия клапана должно быть не менее 3-х.

- превышение максимального допустимого расхода газа ($Q \geq 1,2Q_{\text{max}}$); контрольный интервал времени, после которого счётчик должен закрыть клапан (1 нед. – 1 мес.), программируется оператором. Измеряемым параметром является суммарный суточный объём газа, прошедший через счётчик за установленный контрольный интервал времени.

- закрытие клапана при разряде встроенной в счётчик батареи до минимально допустимого уровня, при котором еще гарантируется работоспособность счётчика;

- закрытие клапана при обнаружении попытки вскрытия крышки корпуса счётчика, что может привести к нарушению его работоспособности;

- закрытие клапана при обнаружении обратного потока газа (время непрерывной фиксации обратного потока – не менее 1 мин);

- закрытие клапана при обнаружении вмешательства в работу счётчика, приводящего к нарушению его работоспособности;

- выполнение команд закрытия/открытия клапана должно сопровождаться передачей информации об итоговом состоянии клапана на сервер оператора. В архивной памяти счётчика должен фиксироваться каждый факт изменения состояния клапана счётчика, время этого изменения и причина, приведшая к изменению состояния клапана.

Перечисленные выше функции управления клапаном в полном объёме реализованы в счётчиках СМТ-Смарт и Омега ЭТК .

3. Любой счётчик газа – это прибор, предназначенный для автономной работы в длительно необслуживаемом режиме. В этом случае наличие развитой системы самодиагностики в счётчике должно являться не просто дополнительным бонусом, но обязательным требованием. Также совершенно естественно, что при наличии в счётчике канала дистанционной передачи данных любые нарушения в работе счётчика должны фиксироваться в его памяти и передаваться на сервер оператора газовой службы. Перечень контролируемых в режиме самодиагностики параметров во многом зависит от конкретной конструкции счётчика, однако можно выделить некие общие для всех. Опять обратимся к критериям, предложенным в [2]:

- отказ измерительного устройства (механизма) счётчика;

- измеренный расход больше Q_{max} ;

- измеренный расход меньше Q_{min} , но больше порога чувствительности;

- температура измеряемого газа выше верхнего предела по ТУ (например, $+55^{\circ}\text{C}$);

- температура измеряемого газа ниже нижнего предела по ТУ (например, -25°C);

- температура окружающей среды выше верхнего предела по ТУ (например, +55°C);
- температура окружающей среды ниже нижнего предела по ТУ (например, - 40°C);
- заряд встроенной батареи меньше минимально необходимого значения;
- состояние встроенного в счётчик клапана (открыт/закрыт);
- отказ в работе клапана;
- вскрытие крышки корпуса счётчика;
- параметры измеряемого газа не соответствуют ГОСТ 5542-87;
- контроль режимов передачи данных по беспроводному интерфейсу;
- работа счётчика в режиме контрольного элемента (в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.915-2016).

Процедура контроля приведённых выше параметров выполняется в режиме самодиагностики только в счётчике СМТ-Смарт. К сожалению, в большинстве счётчиков газа контролируются только степень разряда встроенной в счётчик батареи, а на цифровом табло отображаются режимы передачи данных по интерфейсу. Также на цифровое табло может выводиться большой объём различной технологической информации, не имеющей никакого отношения к режиму самодиагностики. Например, такой важный параметр, как контроль работоспособности измерительного устройства, за исключением СМТ-Смарт, не реализован ни в одном из серийно выпускающихся счётчиков газа.

4. Наличие интерфейса для удалённой передачи данных являлось одним из двух обязательных условий для счётчиков газа, приведённых в табл.1. Однако типы используемых в счётчиках интерфейсов отличаются. Так, в счётчиках СГБЭТ «Сигма» и «Вектор -Т» использован проводной интерфейс RS232, не предназначенный для передачи информации на сколько-нибудь значительные расстояния; счётчики работают только с собственным программным обеспечением, установленным на локальном компьютере. В счётчике СГБУ передача данных осуществляется по радио-каналу 433/868 МГц, однако данный счётчик предназначен для работы в составе собственного программ-

ного обеспечения - АСКУЭ «Умный дом». В счётчиках ОМЕГА ЭТК, Гранд-SPI, BK-GETe и СМТ-Смарт для передачи данных используется канал сотовой GSM/GPRS связи, обеспечивающий высокоскоростную передачу больших объёмов данных.

5. Успешная реализация процедуры передачи по беспроводному интерфейсу данных от счётчика газа на сервер поставщика возможна только в том случае, когда, во-первых, эти устройства работают по согласованному протоколу, а во-вторых, структура передаваемых счётчиком данных, их формат, а также перечень технологических команд для настройки режимов работы счётчика в сети совместимы с ИСУ на сервере поставщика газа. Это представляет собой определенную проблему, т.к. со стороны производителей счётчиков газа не существует единого формализованного алгоритма и структуры передаваемых/принимаемых данных, а поставщики газа могут использовать различные программно-технические комплексы для обработки получаемых данных. По-видимому, в настоящее время наиболее простым вариантом решения данной проблемы явилось бы использование всеми производителями интеллектуальных приборов некой единой программы-шлюза, обеспечивающей, с одной стороны, приём первичных данных от счётчиков газа различных производителей, конвертацию форматов принятых данных в единую структуру и её дальнейшую передачу в программное обеспечение верхнего уровня, используемое на стороне поставщика газа. В качестве примера подобной программы-шлюза можно привести программно-технический комплекс ПТК «ГАЗСЕТЬ: Экстра». Данный ПТК поддерживает обмен с большим количеством типов счётчиков газа, в том числе оснащённых электронными корректорами газа разных производителей, осуществляет преобразование полученных данных и их передачу в программные сетевые комплексы ИУС-ГАЗ, СКАДА-АНТ, АИС Регионгаз и др.

6. В [3] были приведены результаты испытаний серийно выпускаемых счётчиков газа. В программе испытаний предусматривалась проверка влияния различных внешних факторов на работоспо-

способность приборов: условия монтажа и различные способы воздействия – внешнее магнитное поле, вибрация, импульсный режим работы, стойкость к электростатическим разрядам и т.д. И хотя перечисленные методы воздействий указаны в ГОСТ Р 8.915-2016, только 2 счётчика из представленных - ВК-GETe и СМТ-Смарт - их успешно выдержали.

Отдельно следует остановиться на «вандалостойкости» счётчиков, когда недобросовестными пользователями производятся различные манипуляции с целью искажения результатов измерения. Интернет полон описаниями различных способов подобных воздействий, причём речь идет не только о простых приборах с механическим отсчётным устройством, но также и о современных приборах с электронными отсчётными устройствами. И если с воздействием внешнего магнитного поля на счётчик производители научились бороться конструктивными методами, то с более изощренными способами, когда в счётчик встраиваются некие электронные устройства, блокирующие или подменяющие сигнал от измерительного механизма, бороться крайне сложно, тем более что завтра недобросовестные «умельцы» обязательно предложат какой-нибудь новый способ испортить «мозги» интеллектуальному счётчику.

В связи с этим, на наш взгляд, следует еще раз подчеркнуть необходимость режима самодиагностики, когда микроконтроллер счётчика проверяет правильность функционирования и, в случае возникновения ошибок в работе счётчика или обнаружения внешнего воздействия, которое может исказить результаты измерения, посылает соответствующее сообщение на сервер поставщика газа, фиксируя время и факт этого воздействия в своем архиве. Таким образом реализована защита от несанкционированных воздействий в счётчике СМТ-Смарт; к сожалению, другими производителями счётчиков данный способ практически не используется – см.п.3 данной статьи.

В заключение необходимо отметить следующее. Как уже говорилось выше, большинство счётчиков, приведённых в табл.1, используют в своей работе объёмный (диафрагменный) метод измерения - метод, хорошо себя зарекомендовавший и применяющийся в течение

длительного времени многими производителями практически во всех бытовых счётчиках газа с механическими отсчётными устройствами. Однако в настоящее время потенциал дальнейшей модернизации счётчиков, использующий данный метод измерения, практически исчерпан. Так, введение режима коррекции объёма по температуре привёл к отказу от механического отсчётного устройства с заменой его на электронное с использованием встроенного микроконтроллера и установкой внутри корпуса счётчика преобразователя температуры, а переход к измерению объёма газа, приведённого к стандартным условиям, потребует дополнительной установки также внутри корпуса счётчика датчика абсолютного давления. Управляемый клапан также должен устанавливаться внутри корпуса, а реализация механизма самодиагностики во многом определяется способностью счётчика измерять мгновенное значение расхода газа - параметр, измерение которого в данном типе счётчика вообще не представляется возможным без значительной переделки конструкции измерительного механизма счётчика.

Еще одна особенность данного типа счётчиков, напрямую связанная со способом измерения, - большие габаритные размеры. Они определяются размерами рабочей камеры с установленным кривошипно-шатунным механизмом, зависящими от максимального рабочего расхода счётчика. Так, если для типоразмера G4 размеры счётчика (высота x ширина x глубина, мм) составляют 215 x 195 x 175 мм, то уже для типоразмера G6 размеры счётчика существенно больше - 225 x 340 x 185 мм.

Для сравнения габаритные размеры счётчика СМТ-Смарт:

- типоразмер G4/G6 175 x 120 x 110 мм;
- типоразмер G10 225 x 120 x 135 мм.

Аналогичные проблемы имеются и в счётчиках, построенных на других принципах измерения. Исходя из этого, следует признать, что далеко не все типы счётчиков газа, широко используемые в настоящее время, могут быть с успехом применены для работы в составе современных интеллектуальных систем учёта газа.

Литература

1. Федеральный закон от 27.12.2018 г. N 522 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учёта электрической энергии (мощности) в Российской Федерации»;
2. Левандовский В.А., Охотин А.А. «Об учёте газа, неплатежах и “умных счётчиках”»;
3. Охотин А.А. «Счётчик СМТ-Смарт: испытания, сертификация и вопросы метрологии».

СЧЁТЧИК СМТ-СМАРТ: ОТ ПРОСТО СЧЁТЧИКА К КОМПЛЕКСУ УЧЁТА ГАЗА



Автор:

ОХОТИН Александр Александрович
Главный метролог ООО «Техномер»

Принято считать, что появление термина «комплекс учёта газа» связано с внедрением в 90-х годах прошлого века на отечественном рынке приборов учёта газа первых электронных корректоров объёма газа иностранного производства. Данные устройства были предназначены для приведения объёма газа, измеренного при рабочих условиях, к стандартным условиям – температуре 293,15 К и абсолютному давлению 101,325 кПа. Для получения информации об измеренном объёме газа в корректорах использовался частотный или импульсный вход, измерение давления и температуры газа осуществлялось с помощью внешнего преобразователя температуры, подключённого к корректору, и датчика абсолютного давления, установленного, как правило, непосредственно внутри корпуса корректора. Типичными примерами электронных корректоров того времени являются Суперфлоу («Совтигаз», Россия), ELCOR-94 («Elgas, s.r.o.», Чешская Республика), EK88/K («Elster», Германия).

Алгоритм получения объёма газа, приведённого к стандартным условиям, в случае применения счётчика газа и электронного корректора можно представить следующим образом:

Измерение объёма счётчиком газа -> измерение температуры газа -> измерение абсолютного давления газа -> вычисление коэффициента относительной сжимаемости газа -> вычисление объёма газа, приведённого к стандартным условиям.

Как можно видеть, получение искомой величины – объёма газа, приведённого к стандартным условиям, в данном случае достигается

пересчётом результатов прямых измерений (рабочий объём газа, его температура и давление), связанных с искомой величиной известной зависимостью, что является стандартным определением косвенного способа измерения.

Естественно, что на этапе внедрения подобной связки «счётчик газа + корректор» как со стороны метрологов, так и со стороны надзорных органов сразу же возникала масса вопросов по правомерности применения такого «сборного» устройства. Действительно, каждый прибор по отдельности имел необходимые документы, в которых декларировались его точностные параметры, однако никаких документов, подтверждающих величину относительной погрешности объёма газа, приведённого к стандартным условиям, никто предъявить, конечно же, не мог, - напомним, что описываемая ситуация относится к девяностым годам и периоду появления в России первых электронных корректоров объёма газа. Поэтому предприятия-производители газовых счётчиков, желавшие поставлять их вместе с электронными корректорами, были вынуждены заняться сертификацией нового средства измерения – комплекса учёта газа, состоявшего из покупного корректора и счётчика газа собственного производства.

Электронные корректоры объёма газа разрабатывались их производителями в качестве универсальных приборов, предназначенных для работы с широкой гаммой счётчиков и различных периферийных устройств, в связи с чем при создании конфигурации комплекса могли возникать (и возникали) различные сложности. Например, габаритные размеры конкретного типа корректора могли быть таковыми, что невозможно разместить его в непосредственной близости к счётчику газа, а это приводило к длинным линиям связи между корректором и счётчиком, корректором и преобразователем температуры, входящим в состав корректора, точкой отбора давления газа и преобразователем давления, расположенным непосредственно в корпусе корректора. Информация от счётчика газа передавалась не в виде «копии» данных с его механического отсчётного устройства, но в виде импульсов с определенным весовым (объёмным) коэффициентом, что могло привести к возникновению разницы в показаниях величины нако-

пленного объёма между счётчиком газа и корректором. Для обеспечения минимальной величины погрешности измерения преобразователь абсолютного давления, входивший в состав корректора, использовался в узком диапазоне измеряемых давлений причем, т.к. сам преобразователь, как правило, устанавливался непосредственно в корпусе корректора, заменить его другим, с требуемым диапазоном измерения, на этапе производства комплекса учёта газа было невозможно, в связи с чем производителю комплекса необходимо было иметь у себя набор корректоров с преобразователями на различные диапазоны измеряемых давлений.

С целью преодоления указанных выше трудностей, связанных с созданием комплексов учёта газа на базе универсальных корректоров, производителями счётчиков газа были предложены собственные конструкции, представлявшие собой законченный комплекс учёта газа. В качестве примера приведём две: счётчик газа СГТ16Э [1] производства ОАО АПЗ (г. Арзамас) и счётчик TGFE [2] производства TMS CO LTD (Корея).

На рис.1 приведён внешний вид счётчика СГТ16Э. Счётчик построен на базе хорошо известного турбинного счётчика СГ-16Т в котором взамен механического применено электронное отсчётное устройство с функцией корректора газа.



Рис.1 Внешний вид счётчика СГТ16Э

Как видно из рис.1, установка преобразователей температуры и давления производится непосредственно в корпус преобразователя расхода. Сигнал, пропорциональный расходу газа, - частотный, снимается бесконтактно непосредственно с ротора турбины и передаётся в электронное отсчётное устройство по короткому кабелю, проходящему внутри корпуса счётчика, что исключает искажение информации при её передаче. Преобразователь абсолютного давления, используемый в комплексе, – внешний, многопредельный, с передачей данных о давлении в размерности кПа, мПа или Бар по цифровому интерфейсу. Выбор диапазона измерения производится преобразователем давления автоматически, таким образом, чтобы обеспечить минимальное значение погрешности измерения во всём диапазоне измерений. Работа данного комплекса, включая электронное отсчётное устройство и преобразователь давления, осуществляется от одной литиевой батареи, расположенной в корпусе электронного устройства.

На рис.2 приведён внешний вид счётчика TGFE, а на рис.3 показаны детали его конструкции.



Рис.2. Внешний вид счётчика TGFE

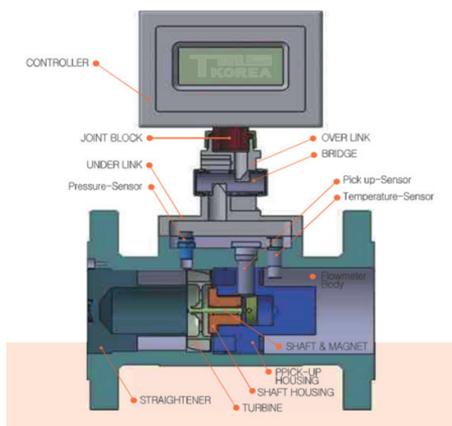


Рис.3. Конструкция счётчика TGFE

Сравнивая конструкции этих счётчиков, при внешнем отличии деталей нельзя не отметить их концептуальное сходство. Оба счётчика построены на базе турбинных преобразователей расхода газа, имеют электронное устройство, реализующее функции корректора объёма газа, приводя его к стандартным условиям, преобразователи температуры и давления газа устанавливаются непосредственно в корпус преобразователя расхода. С учётом набора функций, выполняемых данными приборами, они в полной мере отвечали требованиям, применявшимся ранее к комплексам учёта природного газа.

Комплексы учёта газа, построенные с использованием готовых корректоров, а также на базе электронных счётчиков, где функция корректора встроена в электронный блок счётчика используются исключительно в промышленности при измерении относительно больших расходов газа. Применительно к коммунально-бытовому сектору, где типоразмеры применяемых счётчиков ограничены диапазоном G10 – G50, в настоящее время сложилась ситуация, в которой использование готовых корректоров несостоятельно по чисто финансовым причинам, а счётчиков, в которых функция корректора интегрирована в конструкцию счётчика на этапе производства, до последнего времени просто не было. Однако, в настоящее время ООО «Техномер» г. Арзамас приступило к подготовке производства комплексов учёта газа СМТ-Смарт типоразмеров G4, G6, G10, G16 и G25, предназначен-

ных для использования в коммунально-бытовом секторе. Как следует из названия комплекса, последний построен на базе микротермально-го метода измерения с использованием в качестве основного элемента измерительного модуля SGM 610x швейцарской фирмы Sensirion AG, аналогичного применяемому в счётчиках газа СМТ-Смарт. При этом в данном измерительном комплексе, так же, как ранее в счётчике СМТ-Смарт, используется метод прямого измерения, т.к. измеренный параметр – объём газа, приведённый к стандартным условиям, получается непосредственно от данного средства измерения, без привлечения результатов других прямых измерений. Внешний вид измерительного комплекса СМТ-Смарт приведен на рис. 4.



Рис 4. Внешний вид комплекса СМТ-Смарт

В комплексах учёта газа СМТ-Смарт для всех типоразмеров используется единый унифицированный корпус фланцевого исполнения с крупным 4-х строчным матричным дисплеем, на котором отображается буквенно-цифровая информация и служебные символы. Основные метрологические и эксплуатационные характеристики комплекса приведены в [3]. Комплекс выгодно отличается от просто счётчика расширенным набором функциональных возможностей. В первую очередь это относится к наличию нескольких интерфейсов передачи данных – это не только оптоканал и встроенный модем GSM/GPRS связи, но также интерфейс RS485. Передача данных по каналу сотовой

связи может осуществляться по нескольким протоколам – CSD, TCP-IP и FTP, в зависимости от необходимости работы с различными программами верхнего уровня. Основное питание комплекса – от внутренних батарей, и их ёмкость рассчитана на два межповерочных интервала, однако если поставщик газа хочет получать данные с комплекса как можно чаще, что может привести к преждевременному разряду встроенных батарей, комплекс допускает подключение внешнего блока питания. В этом случае появляются дополнительные возможности, связанные с печатью протоколов почасовых данных комплекса с помощью принтера, подключаемого к внешнему блоку питания, а также подключение к нему компьютера для анализа данных, получаемых по каналу RS232/RS485 – по выбору. Для работы встроенного модема GSM/GPRS связи в комплексе стандартно предполагается использовать внутреннюю антенну, однако в случае неустойчивой связи в месте установки комплекса, его конструкция допускает подключение внешней антенны, которая может быть отнесена на расстояние в несколько метров. И, наконец, существенно увеличен объём архивных данных, формируемых в комплексе - в него входит не только почасовой и суточный архивы данных измеренного объёма газа, его температуры и температуры окружающей среды, одновременно формируется архив предупреждений о возможных нарушениях в работе комплекса, фиксируются так же все обнаруженные как в процессе эксплуатации, так и до момента монтажа попытки внешних воздействий, которые могут привести к ухудшению метрологических характеристик комплекса вплоть до его полной неработоспособности.

Как видим, перечень нововведений в комплексе СМТ-Смарт по сравнению с аналогичным счётчиком настолько обширен, что название «измерительный комплекс» в данном случае действительно отвечает сути внедрённых новаций. Данный измерительный комплекс по своей конструкции представляет собой законченное устройство, не требующее для своей работы подключения к нему каких-либо дополнительных средств измерений.

В заключение хотелось бы сравнить возможности комплекса учёта газа СМТ-Смарт с аналогичными комплексами других производите-

лей. Обязательным для всех комплексов условием является обеспечение работы в составе интеллектуальной системы учёта (ИСУ) верхнего уровня. Также обязательным требованием является защита от различных внешних воздействий, которые могут исказить результаты измерений. Подробно требования к измерительным приборам, предназначенным для работы в составе ИСУ, приведены в [4]. При этом находит подтверждение ранее высказанная мысль о том, что приборы типов G4–G25, применяемые для учёта газа в коммунально-бытовой сфере, отвечающие современным требованиям, предъявляемым к комплексам учёта газа, в настоящее время практически отсутствуют. В таблице 1 приведены приборы, измеряющие объём газа с его дальнейшей коррекцией по температуре, что, как совершенно понятно, никак не соответствует требованиям по приведению объёма к стандартным условиям. Также в этих приборах отсутствует встроенный модем сотовой связи, что изначально исключает их работу в составе интеллектуальной измерительной системы верхнего уровня. И, наконец, в случае комплектации этих приборов внешним модемом, для получения от них данных под каждый потребуется доработка программы верхнего уровня, т.к. ни структура архивов, ни объём передаваемой информации, не говоря о протоколе обмена, для этих приборов не является едиными. Однако, совершенно понятно, что выполнение требования по обязательной доработке программного обеспечения ИСУ верхнего уровня всякий раз при использовании нового типа счётчика никак нельзя считать оправданным.

Таблица 1

Параметр	Принц М «РаДан» г.Екатеринбург	Агат М «Газдевайс» Московская обл.	СГ-ТК-Д «Эльстер Газэлектроника» г. Арзамас	Комплекс СМТ-Смарт ООО «Техномер» г. Арзамас
Способ измерения	Ультразвуковой	Ультразвуковой	Объемный диафрагменный	Микротермальный массовый
Метод измерения	косвенный	косвенный	косвенный	прямой
Коррекция объема	по температуре газа	по температуре газа	по температуре газа	Стандартный объем согласно ГОСТ 2939
Типоразмеры	G10	G16, G25	G10 – G160	G10, G16, G25
Габаритные размеры, мм	G10 206x83x57	G25 308x155x85	G25 465x350x260	G10, G16, G25 246x165x182
Интерфейс связи	RS232	RS232	Оптический, RS232 или RS485	Оптический, RS485, встроенный модем GSM/GPRS связи
Режим передачи данных	При использовании внешнего модема и блока питания режим передачи данных зависит от ИУС верхнего уровня	При использовании внешнего модема и блока питания режим передачи данных зависит от ИУС верхнего уровня	CSD – с внешним подключаемым модемом и блоком питания	Оптический канал - в соответствии с ГОСТ IEC 61107 Встроенный модем GSM/GPRS - Режимы CSD, TCP-IP, FTP
Совместимость с интеллектуальными системами верхнего уровня	Нет, только при условии программной адаптации ИУС верхнего уровня	Нет, только при условии программной адаптации ИУС верхнего уровня	Совместим с программой СОДЭК собственной разработки	Совместим с ИУС-Газ, СКАДА-АНТ, АИС Регионгаз и др.
Встроенный режим самодиагностики работоспособности комплекса	нет	нет	нет	есть*
Способ защиты комплекса от несанкционированного доступа	Установка пломб	Установка пломб	Установка пломб	Программно-аппаратный, включающий контроль вскрытия корпуса прибора, отключения внутренних батарей питания, удаления встроенной SIM-карты, контроль работоспособности измерительного модуля.

*Примечание.

Режим самодиагностики в комплексе СМТ-Смарт осуществляет контроль следующих состояний:

- отказ измерительного устройства (механизма);
- измеренный расход больше Q_{max} ;
- температура измеряемого газа выше верхнего предела по ТУ;
- температура измеряемого газа ниже нижнего предела по ТУ;
- температура окружающей среды выше верхнего предела по ТУ;
- температура окружающей среды ниже нижнего предела по ТУ;
- заряд встроенной батареи меньше минимально необходимой величины;
- вскрытие крышки корпуса или батарейного отсека;
- параметры измеряемого газа не соответствуют ГОСТ 5542-87;
- режим передачи данных по беспроводному интерфейсу;
- отключение встроенной батареи питания;
- отсутствие в слоте SIM-карты;
- обнаружение иных внешних вмешательств в работу комплекса.

Сравнивая два комплекса из приведённых в табл.1 СМТ-Смарт и СГ-ТК-Д, можно отметить следующее. Комплекс СМТ-Смарт представляет собой законченное изделие, в котором реализован метод прямого измерения объёма газа, приведённого к стандартным условиям, не требующее для своей работы каких-либо дополнительных устройств. Данный комплекс адаптирован для работы с различными ИСУ верхнего уровня, для чего используется программа-шлюз «Газсеть: Экстра»; её применение согласовано с разработчиком программ верхнего уровня – компанией «АНТ» г. Москва. Комплекс СГ-ТК-Д является составным изделием, в него входят: объёмный диафрагменный счётчик, самостоятельный электронный блок, реализующий функцию корректора газа, и дополнительно внешний блок питания и модем, необходимый для передачи накопленных данных на сервер поставщика газа. В данном комплексе, в отличие от СМТ-Смарт, используется метод косвенного измерения: счётчик газа измеряет объём при рабочих условиях, после чего электронный корректор на основании данных по температуре газа производит пересчёт полученного

объёма применительно к температуре +20°C без учёта реальной величины абсолютного давления газа. Получение и обработка данных на сервере поставщика газа производится программой «СОДЭК», взаимодействие которой с ИСУ верхнего уровня должен взять на себя поставщик газа либо компания-производитель программного комплекса ИСУ.

Литература

1. Счётчики газа турбинные СГТ16Э. Описание типа средства измерения;
2. Catalogue «TMS Korea Gas Meter»;
3. Комплекс СМТ-Смарт G4 – G25, технические характеристики;
4. Охотин А.А «Умный счётчик для интеллектуальной системы учёта газа: есть ли выбор?»;
5. Счётчик газа «Принц». Руководство по эксплуатации БКГН 002.00.00.000РЭ;
6. Счётчики газа ультразвуковые АГАТ М. Руководство по эксплуатации ГЮНК 407251.004 РЭ;
7. Комплексы для измерения количества газа СГ-ТК. Руководство по эксплуатации ЛГТИ. 407321.020 РЭ.

ГАЗСЕТЬ-ШЛЮЗ: ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЧЁТЧИКОВ ГАЗА В ЕДИНУЮ ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ УЧЁТА



Авторы:

КЛУНИН Алексей Михайлович
руководитель проекта ПТК «Газсеть»



ЗОТОВ Андрей Викторович
разработчик ПТК «Газсеть»

Цель данной статьи - показать простоту и эффективность использования IT-решения «Газсеть: Шлюз» для внедрения узлов учёта с интеллектуальными счётчиками СМТ-Смарт в информационную систему учёта газа верхнего уровня.

На пороге интеллектуального учёта газа

Вступление в силу федерального закона от 27 декабря 2018 г. N 522-ФЗ дало старт широкому внедрению интеллектуальных систем учёта электроэнергии. По-видимому, принятие аналогичного решения в сфере учёта газа и широкого применения в ней умных счётчиков также не за горами. Ожидается, что внедрение интеллектуальной системы учёта газа позволит повысить платёжную дисциплину и решить проблему небалансов.

Можно согласиться с тем, что внедрение чего-то нового должно проходить не в ущерб старому — отлаженным действующим информационным компонентам системы учёта газа, т.к. существует обшир-

ный парк установленных приборов учёта и систем телеметрии. Для их опроса региональные газовые компании применяют разнообразные программы сбора данных, зачастую ориентированных на работу с одним конкретным типом счётчика газа, и, кроме того, немалая доля узлов учёта опрашивается по старинке – путём обхода с ноутбуком. Собранные данные интегрируются в платёжные и учётные системы с помощью различных стандартных и нестандартных приложений.

Однако в настоящее время рядом отечественных предприятий предлагается комплексное решение, когда вместе с интеллектуальным счётчиком газа поставляется программная среда для его интеграции в единое информационное пространство.

Примером такого комплексного решения являются интеллектуальные счётчики и комплексы СМТ-Смарт производства ООО «Техномер», для интеграции которых в единую информационную систему (ЕИС) разработан информационный шлюз – программно-технический комплекс «Газсеть: Шлюз». Благодаря такому шлюзу, сопряжение СМТ-Смарт с любыми существующими, а также будущими звеньями ЕИС, не составит большой технологической проблемы. Комплексное решение «умный счётчик + шлюз» от одного и того же производителя концептуально нацелено на предельную лёгкость интеграции первичных приборов в системы верхнего уровня и вообще в любые сторонние системы.

Интеллектуальный счётчик СМТ-Смарт

В чём же сложность интеграции любого интеллектуального счётчика в систему учёта? И почему «фирменный» шлюз от производителя счётчика может существенно облегчить данную задачу? Счётчик СМТ-Смарт заменяет три «традиционных» прибора: счётчик объёма газа при рабочих условиях, электронный корректор объёма газа с преобразователями давления и температуры, осуществляющий пересчёт полученного объёма к стандартным условиям и модуль телеметрии, передающий показания на сервер.

Благодаря микротермальному методу, счётчик СМТ-Смарт осуществляет прямое измерение приведённого к стандартным условиям объёма газа без привлечения результатов других прямых измерений. Таким образом, счётчик не нуждается в коррекции объёма газа по давлению и температуре. В этом смысле данный прибор удобней, чем ставший уже привычным конгломерат из счётчика газа и электронного корректора с подключенными датчиками. Очевидна практическая СМТ-Смарт для монтажа, обслуживания и поверки.

Кроме основного предназначения счётчик СМТ-Смарт выполняет ряд «интеллектуальных» функций. Он обеспечивает защиту от внешних, в т.ч. несанкционированных воздействий, искажающих результаты измерения объёма. Прибор постоянно выполняет самодиагностику – проверку работоспособности счётчика, его отдельных узлов и условий эксплуатации. Все нарушения фиксируются в памяти прибора.

Информация об измеряемых параметрах газа: объём газа, приведённый к стандартным условиям, его температура, обобщённый параметр состава газа (К-фактор), а также результаты самодиагностики счётчика поступают в электронный блок для архивирования, отображения на индикаторном табло и передачи данных на удалённый сервер. Счётчик имеет встроенный модуль телеметрии, обеспечивающий двусторонний обмен по каналу GSM/GPRS.

Новейшие модификации СМТ-Смарт – комплекс и счётчик-клапан – имеют свои интеллектуальные свойства. Например, запорный клапан, встроенный в счётчик-клапан СМТ-Смарт даёт возможность прекратить или возобновить подачу газа. Клапан закрывается либо автоматически – при обнаружении счётчиком аварийной или нештатной ситуации, либо удалённо по команде оператора. Открытие клапана возможно только дистанционно также по команде оператора.

Диагностика или самодиагностика?

СМТ-Смарт, как и любой счётчик газа, предназначен для длительной автономной работы в необслуживаемом режиме. Умный прибор способен отслеживать нарушения условий эксплуатации, свои

внутренних систем и даже пресекать попытки взлома.

Определена градация событий-нарушений по степени их влияния на работоспособность счётчика, состоящая из трёх уровней: предупреждения, тревоги и аварии.

Предупреждение выявляет нарушение целостности систем счётчика. Прекращение события сообщает о полном восстановлении целостности систем счётчика. События не влияют на метрологические характеристики счётчика. Примеры: «SIM-карта не установлена», «Состав газа не определен (K-фактор вне рабочего диапазона)».

Тревога отмечает временное нарушение условий эксплуатации или указывает на временный сбой в работе узлов счётчика. Прекращение события уведомляет о восстановлении штатных условий. Длительная тревога может повлиять на метрологические функции счётчика и привести к «аварии». Примеры: «Сбой в работе измерительного модуля», «Расход измеряемого газа превышает предел рабочего диапазона».

Авария – потеря функциональности счётчика из-за отказа его систем. Причиной аварии может быть и длительное нарушение условий эксплуатации, и несанкционированное внешнее воздействие. При аварии счётчик останавливает счёт, сохраняет показания в архивах. Счётчик должен быть подвергнут очередной метрологической проверке или ремонту. Примеры: «Длительное превышение пределов рабочего диапазона температур измеряемого газа», «Отказ измерительного модуля», «Вскрытие корпуса счётчика».

Перечень контролируемых в режиме самодиагностики событий может различаться между модификациями прибора. Но итог одинаков – вмешательства будут пресечены, а хронология событий и состояний записана в прибор и передана на сервер.

Развитая система самодиагностики не только фиксирует в памяти прибора все нарушения в работе счётчика, но и обеспечивает их передачу на сервер. Оперативное оповещение газовой службы помогает оператору своевременно выполнить удалённую предварительную диагностику до выезда сервисного специалиста на узел учёта.

Наглядный интерфейс приложений «Пульт диспетчера» и «Анализ данных» позволяет быстро и детально восстановить картину отказов

или нарушений и локализовать предполагаемые причины. Оператор «Газсеть: Экстра» может быстро оценить работоспособность прибора и принять меры для решения нештатных ситуаций.

Как интегрировать умный прибор?

Для выполнения интеграции умного счётчика, умного комплекса или счётчик-клапана СМТ-Смарт в информационно-управляющую систему необходимо глубокое знание этих приборов, понимание принципов их работы. Кропотливая часть внедрения прибора учёта в систему – реализация протокола обмена по телекоммуникационному каналу и через интерфейсный кабель. Разработчики программного компонента «Газсеть: Шлюз» работали в тесном общении с конструкторами счётчика. Благодаря слаженной работе, элементы интеграции прибора с программами верхнего уровня удаётся реализовать качественнее.

В процессе эксплуатации умный счётчик газа генерирует непрерывный поток показаний, состояний самодиагностики, системных событий и изменений. Но как передавать эту информацию на верхний уровень? Как при этом структурировать и группировать данные? Вероятно, при передаче следует защищать данные, обеспечивая их целостность, достоверность, конфиденциальность. А если количество умных узлов газа перевалит за сотни тысяч или миллионы... Не приведёт ли это к критической нагрузке на серверы и коммуникационные сети? Возможно, данные следует упаковать или как-то ещё минимизировать трафик?

Эти и другие вопросы возникали как у разработчиков ПТК «Газсеть», так и у его пользователей, т.е. разработчиков информационных систем верхнего уровня - ООО «АНТ-Информ». В результате совместных усилий были найдены типовые решения и выработана определённая технология интеграции данных по учёту газа. Она была воплощена в программном компоненте «Газсеть: Шлюз».

Как создавали «Газсеть: Шлюз»

«Газсеть: Шлюз» выпускается в составе комплекса «Газсеть», который сегодня уже довольно хорошо известен специалистам по учёту газа. А как он появился?

Вначале была написана концепция разработки. В её основу были положены два принципа: консолидация и интеграция. Разработчики решили собрать воедино множество разрозненных программных модулей, унифицировать служебные форматы передачи первичных данных от приборов учёта. Ими двигало только одно сильное желание – сохранить, объединить, упорядочить и обновить все исходные компоненты, чтобы разработать и предложить пользователям новый интеллектуальный инструмент учёта газа.

В ходе «консолидации» оказалось, что коммуникационные функции системы можно существенно улучшить как по скорости, так и по надёжности. Были переписаны драйверы старых протоколов и добавлена поддержка новых протоколов.

Сердцевина ПТК «Газсеть» – это сервер сбора данных. Он позволяет полностью автоматизировать процесс передачи данных от УУГ до системы верхнего уровня. По новой архитектуре потребовалось переписать его заново. Производительность возросла многократно.

Под «интеграцией» тогда подразумевалась всего одно звено: трансляция данных от узлов учёта в систему верхнего уровня «ИУС-ГАЗ». Так появился на свет «Газсеть: Шлюз» – «подсистема для интеграции узлов учёта газа в ПО сторонних производителей».

Годом позже к сотрудничеству в развитии продуктовой линейки «Газсеть» присоединились специалисты АО «Газпром межрегионгаз Нижний Новгород». Они разработали новую концепцию – о создании ЕИП – единого информационного пространства «Поставщик-Потребитель». Проект построения ЕИП региона с самого начала был ориентирован на применение «Газсеть» в качестве важного программно-технического элемента. При реализации ЕИП принцип интеграции охватил более широкий круг задач:

- включение поддержки корректоров, счётчиков и модулей телеметрии различных производителей;

- консолидация диспетчерского контроля УУГ всех секторов газопотребления в единственном приложении «Пульт Диспетчера»;
- объединение информационных потоков от узкоспециализированных приложений разных производителей в единую систему учёта;
- трансляция всей собранной и обработанной информации о газопотреблении в систему верхнего уровня;
- экспорт первичной информации с сервера сбора данных в подсистему биллинга;
- авторизованный доступ потребителей в ЕИП при помощи личных кабинетов «Газсеть: онлайн».

В первых версиях «Газсеть: Шлюз» умел транслировать данные только от нескольких типов приборов учёта. Со временем номенклатура оборудования расширилась. Сегодня «Газсеть: Шлюз» поддерживает обширный перечень из наиболее популярных в России типов приборов учёта, включая умные счётчики и комплексы производства ООО «Техномер».

Единое информационное пространство

Концепция ЕИП получила одобрение руководства «Газпром межрегионгаз». Нижегородский регион получил неофициальный статус полигона для реализации концепции ЕИП для широкого применения узлов учёта с приборами от ООО «Техномер», для испытания и развития системы «Газсеть».

Поскольку цели были поставлены высокие, проект предусматривал поэтапное выполнение. Например, для реализации поддержки корректоров различных производителей требовалось и создание новых коммуникационных модулей, и существенная доработка компонентов «Газсеть», включая шлюз.

Сегодня в региональных газовых хозяйствах существует большое разнообразие оборудования установленных УУГ: счётчиков газа, электронных корректоров, модулей телеметрии, конвертеров интерфейсов и т.д. Счётчики газа различаются по физическим принципам, методам

измерения, интерфейсам. Электронные корректоры при отсутствии детальной стандартизации по сохранению измерений в электронных приборах учёта газа существенно отличаются формой и составом внутренних архивов, списками параметров.

Одна только реализация поддержки разнородных приборов учёта оказалась непростой задачей, настоящим вызовом для конструкторов, разработчиков, инженеров. Написание новых коммуникационных драйверов потребовала близкого знакомства с умными приборами. Модель данных для гармоничного внутреннего представления претерпевала многократный пересмотр. Унификацию данных от гетерогенных источников данных пришлось производить шаг за шагом. Приемлемая производительность автоматической обработки при масштабировании сети была достигнута далеко не сразу.

Построение ЕИП стало не только испытанием продукции «Техномер», но и профессиональной школой для специалистов. Ценой большой коллективной работы под руководством и при полной поддержке АО «Газпром межрегионгаз Нижний Новгород» проект был реализован в срок в объёме утверждённого плана работ.

Каковы итоги и состояние ЕИП сегодня? С использованием новых приборов производства ООО «Техномер» было установлено и внедрено в «Газсеть» более 1500 узлов учёта. Из них:

в коммунально-бытовом секторе:

СМТ-Смарт	– 50
ТС215/220 + БПЭК	– 500
ВК G1,6-G6 + ТМР	– 500

в промышленном секторе:

ЕК270/280/290 + БПЭК	– 400
ИРВИС + БПЭК	– 50
СПГ + БПЭК	– 50

Автоматический сбор обслуживаемых УУГ работает исправно, полнота собираемых данных держится на уровне не ниже 97%. Сотрудничество в совершенствовании ЕИП продолжается.

Успех построения ЕИП подтвердил правильность базовой концепции и показал полезность «Газсеть: Шлюз» в качестве удобного

инструмента интеграции первичных приборов в системы верхнего уровня.

Сетевой интерфейс для умного счётчика

Рассмотрим в общих чертах назначение, архитектуру и принцип работы «Газсеть: Шлюз».

Программный компонент «Газсеть: Шлюз» предназначен для сопряжения региональной сети телеметрии на базе ПТК «Газсеть» и произвольной сторонней информационной системы. В качестве сторонней ИС может выступать любая заинтересованная в данных учёта газа система: например, «ИУС-Газ» или ЕИСУГ.

Сеть телеметрии на базе ПТК «Газсеть» обеспечивает автоматизацию обслуживания узлов учёта газа. ПТК реализует не только автоматически сбор данных с УУГ, но и мониторинг, диспетчеризацию, диагностику и анализ, отчётность, экспорт-импорт.

Решение «сеть телеметрии + шлюз» изначально задумано для достижения максимальной практичности и естественности, и в то же время устойчивости и производительности при встраивании большого количества любых узлов учёта газа в любые системы верхнего уровня.

Архитектура решения имеет следующие главные элементы, участвующие в трансляции данных учёта:

- GatewayWS – веб-служба шлюза: реализует SOAP-интерфейс для доступа к данным учёта газа, архивам событий и параметров приборов;
- Сервер сбора данных – служба, обеспечивающая обмен данными с УУГ по каналам связи GSM/CSD, GPRS/TCP(FTP) и др.;
- Планировщик – служба, выполняющая расписание опроса УУГ. Контролирует полноту сбора данных от УУГ. При обнаружении недостающих фрагментов, запрашивает их по свободным каналам;
- Автообработчик – служба, осуществляющая импорт файлов первичных данных от УУГ в базу данных;

БД Учёта обеспечивает хранение данных узлов учёта, а также служебных данных системы;

- УУГ – большое количество узлов учёта газа, распределённых на обширной территории. УУГ включают в автоматический сбор данных посредством Сервера сбора данных;
- Клиенты, ИС-пользователи – пользователи шлюза, сторонние информационные системы.

Шесть плюсов «Газсеть: Шлюз»

Сопряжение умных приборов учёта газа с ЕИС через «Газсеть: Шлюз» следующие основные преимущества.

Во-первых, универсальная совместимость с оборудованием узлов учёта газа. «Газсеть» традиционно поддерживает наиболее распространённые в РФ типы счётчиков газа, коммуникационных модулей, модулей телеметрии, блоков питания. Не будет преувеличением утверждение, что «Газсеть: Шлюз» совместим с 99% узлов учёта газа, установленных в РФ.

«Газсеть: Шлюз» в настоящее время совместим с корректорами: ЕК260, ЕК270, ЕК280, ЕК290, ТС210, ТС215, ТС220 (ООО «Эльстер Газэлектроника»); СПГ761, СПГ762, СПГ763 (АО НПФ «Логика»); ФЛОУГАЗ, ФЛОУГАЗ-Т (ООО ЭПО «Сигнал»); ИРВИС-РС4, ИРВИС-РС4М (ООО НПФ «ИРВИС»).

«Газсеть: Шлюз» совместим с коммуникационными модулями линейки БПЭК, обеспечивающими функционал блока питания и сбор данных с УУГ через Интернет.

Благодаря совместимости с модулями телеметрии серии ТМР-01/02, которые передают данные даже в условиях минимального уровня сигнала GSM-сети, «Газсеть: Шлюз» может получать и передавать дальше данные с бытовых счётчиков газа ВК G1,6-G6 (ООО «Эльстер Газэлектроника»).

«Газсеть: Шлюз» полностью совместим с умными счётчиками и комплексами производства ООО «Техномер»: счётчик газа СМТ-СМАРТ G4\G6\G10; комплекс СМТ-Смарт; счётчик-клапан СМТ-Смарт.

Во-вторых, автоматический сбор данных. Сбор данных – это комплексный, технологически и логически сложный процесс, трудоёмкий в реализации и сопровождении. На сервер «Газсеть» данные для учёта газа собираются автоматически, благодаря Серверу сбора данных. ИС-пользователям не нужно «беспокоиться» о сборе данных с УУГ через шлюз. Актуальные данные с умных приборов, равно как и с обычных узлов учёта, к каждому моменту времени предполагаются уже собранными (хотя, возможно, и не на 100%). ИС должна лишь «позаботиться» о получении у шлюза только самых свежих данных – информации, которая не была запрошена ранее. Сервер Сбора в автоматическом режиме контролирует полноту сбора данных.

В-третьих, автоматическая обработка данных. Сервер сбора данных сохраняет первичные данные от УУГ в промежуточной форме – в виде временных файлов (.rdt). Программа автоматической обработки (Автообработчик) транслирует эти файлы во внутреннее представление Базы данных учёта, которое близко по структуре к формату хранения в памяти умных приборов.

Первичное представление обычно не содержит информацию в нужной форме. Поэтому Автообработчик параллельно с импортом данных в первичное представление выполняет пересчёт части данных для приведения их к конечному пользовательскому представлению. В результате пересчёта в БД формируется кэш, структура которого не зависит от типа прибора учёта газа.

Автоматическая обработка рассчитывает, например, такую форму, как «интервальные данные о потреблении»: потреблённые объёмы газа (за час, сутки, месяц, год). Если прибор хранит в своём архиве только абсолютные («нарастающие») значения объёма, то Автообработчик вычисляет разности между абсолютными показаниями на концах интервалов. Дополнительно рассчитывается удобное агрегированное представление данных о событиях, о полноте данных и т.д. При пересчёте в кэш аппаратные события дополняются вычисляемыми логически «программными таймерами», например, «скачок потребления», «нулевое потребление», «наличие критичных тревог» и т.д. Кроме того, события приобретают чёткую градацию на «тревоги», «предупреждения» и «уведомления».

Конечное представление не только удобно для отображения и отчётности, но и применяется при выгрузке во внешние системы биллинга и учёта, а также при трансляции через шлюз. Благодаря автоматической обработке, внешние ИС избавляются от нетривиальных рутинных вычислений, которые несвойственны их уровню учёта и требуют знаний специфики приборов учёта.

В-четвертых, унифицированный интерфейс к данным узлов учёта газа. Шлюз определяет чёткий протокол доступа – своего рода логический каркас, который мало меняется в новых версиях. Каркас состоит из списка API-функций и объектной модели. Функции задают форму запросов к шлюзу, т.е. собственно интерфейс получения данных через Интернет. Объектная модель описывает внешнее представление, т.е. указывает, как разбирать и интерпретировать полученные у шлюза данные. Внешнее представление унифицировано, так как оно не зависит от типов или версий приборов учёта газа. Изменения и дополнения интерфейса крайне редки и тщательно документируются.

В итоге программист ИС-пользователя шлюза, т.е. системы верхнего уровня, может полагаться на неизменность интерфейса шлюза. Он может быть уверен, что написанные им коды взаимодействия будут работать стабильно не только с текущей версией шлюза, но и со многими последующими. При всех доработках «Газсети» – добавлении новейших типов и версий приборов, новых каналов связи, дополнительных сервисных функций, а также при исправлении мелких ошибок, и т.д. – стыковка между приборами и ИС-пользователем через шлюз будет незыблемо работоспособна.

В-пятых, безопасность информации. Изменение данных при передаче по сети Интернет невозможно благодаря защищённости протокола SOAP. Данные на сервере «Газсеть» гарантированы от изменения извне, так как шлюз обращается к серверу БД в режиме «только чтение».

В-шестых, качественная техническая поддержка. Развитие «Газсеть: Шлюз» не прекращается. С выпуском новых версий продолжается решение и сопровождение целого комплекса технических проблем. Среди них: расширение номенклатуры типов приборов учёта и систем телеметрии; применение новейших телекоммуникационных техноло-

гий; масштабирование сетей телеметрии с ростом парка УУГ; сопряжение с верхнеуровневой системой учёта газа; помощь в настройке и администрировании серверов «Газсеть: Экстра»; любые консультации. По шлюзу и другим компонентам предоставляется актуальная пользовательская документация. Все вопросы по интеграции обсуждаются с разработчиками систем верхнего уровня.

Шлюз имеет и другие замечательные свойства. Компонент прост в развёртывании: он встроен в коробочный продукт «Газсеть: Экстра». Установка и удаление с компьютера удобны для администратора «Газсети». Для сопряжения сторонней информационной системы-клиента (ИС-клиента) со шлюзом требуется настройка всего одного параметра конфигурации (IP-адрес и порт веб-службы). Для интеграции систем используется доступная инфраструктура – Интернет, и ничего другого строить не нужно. Для шлюза характерна гибкость топологии: к данным умного прибора через шлюз можно подключить любое количество ИС-клиентов, а одна и та же ИС-клиент может стыковаться с любым количеством серверов «Газсеть» через шлюзы. Согласованность и экономию трафика обеспечивает встроенный в триггерах БД Учёта механизм отслеживания новейших данных (row_version). Благодаря ему, ИС-клиент всегда «знает» с какой «закладки» следует продолжить запрос данных у шлюза для очередной загрузки в своё хранилище. Это гарантирует, что ИС может своевременно получать все данные, причём без дублирования.

Сбор данных с умных приборов

Прежде чем транслировать данные на верхний уровень, следует наладить устойчивый автоматический сбор данных.

Применяемые для сбора данных с узлов учёта газа средства связи и технологии имеют большое значение для интеллектуального учёта. Требования по надёжности, достоверности, оперативности сбора данных неуклонно возрастают.

В системе «Газсеть» передача данных по технологии сотовой связи GSM/GPRS (TCP/IP или FTP) является в настоящее время основным

видом связи.

Канал передачи по GSM/CSD используется как дополнительный вид связи. Он применяется в тех случаях, когда связь по GSM/GPRS по каким-либо причинам реализовать невозможно, либо как средство для интерактивных сеансов связи, например, для чтения/записи параметров электронного корректора.

Сбор данных с узла учёта газа по каналу GSM/CSD осуществляется по расписанию, которое задается индивидуально для каждого узла учёта. Администратор указывает «периодичность опроса» — интервал в часах между сеансами связи. Прибор будет опрашиваться не чаще, чем через заданный интервал при учёте опционального ежесуточного окна.

В отличие от GPRS-связи, связь по CSD даёт возможность «экстренного» или «интерактивного» опроса — пользователь-метролог может в любое время (или в пределах заданного окна), дозвониться до корректора для выгрузки архивов или записи параметров.

Канал GPRS является более дешёвым и скоростным в сравнении с GSM/CSD. Данные от УУГ до сервера «долетают» не более, чем за 15 секунд. Сбор данных возможен только по расписанию в автоматическом режиме. В промышленном секторе учёта газа применяются, в основном, коммуникационные модули с GPRS-модемом, реализующие комбинацию GSM/GPRS и GSM/CSD. Каждый режим связи осуществим внутри «своего» ежесуточного окна.

Рассмотрим, как «Газсеть» собирает данные в коммунально-бытовом и бытовом секторах газопотребления. Для сбора данных в этом сегменте используются модули телеметрии TMP-01, которые подключаются к счётчикам газа серии ВК производства «Эльстер Газэлектроника» и счётчик газа СМТ-Смарт со встроенным коммуникационным модулем.

Передача данных ведётся по каналу GSM/GPRS. Сервер сбора данных может быть организован либо в управляющей компании, либо в ООО «Техномер», либо в РГК.

Счётчик газа СМТ-Смарт самостоятельно открывает сеанс связи и передаёт данные в автоматическом режиме в заданное время. По умолчанию с завода-изготовителя счётчик настроен на режим переда-

чи: каждое 1-ое число декады в 10:00. Данные передаются на сервер сбора данных.

Комплекс газа СМТ-Смарт, ориентированный на промышленные узлы учёта, превосходит счётчик СМТ-Смарт расширенным набором интерфейсов передачи данных. Кроме оптопорта и встроенного модема GSM/GPRS связи имеется интерфейс RS485. Передача данных на сервер может осуществляться по одному из нескольких возможных каналов: либо по каналу сотовой связи CSD, GPRS (TCP-IP или FTP), либо по проводной связи – в зависимости от настроек на сервере и желания оператора. Для работы встроенного модема GSM/GPRS связи допустимо использовать либо внутреннюю антенну, либо в случае неустойчивой связи подключаемую к штатному разъёму выносную внешнюю антенну.

Ручной (интерактивный) сбор данных с СМТ-Смарт при помощи программы опроса осуществим по CSD либо кабельной связи.

В настоящее время ведутся работы по реализации ещё одного новейшего канала связи – радиоканала LoRaWAN. Интерфейс LoRaWAN встроен в счётчик газа СМТ-Смарт. Данная разновидность связи имеет свои преимущества и недостатки, в сравнении с технологиями сотовой связи. Будет ли она широко применяться – покажет время.

Обслуживание умных приборов

Несмотря на обилие автоматических функций, персоналу поставляющих и обслуживающих организаций также хватает работы. Необходимо настраивать и наблюдать автоматику и своевременно реагировать на нештатные ситуации и критичные для коммерческого учёта газа тревоги.

Ответственным пользователям сети телеметрии на базе «Газсеть: Экстра» удобно производить повседневную работу по информационному обслуживанию узлов учёта газа. Администратор, диспетчер, метеорологи обеспечены приложениями, в которых они могут выпол-

нять мониторинг, диспетчеризацию, диагностику, управление умными функциями, анализ, экспорт в биллинговые системы или верхний уровень.

Главное приложение для интерактивного обслуживания «Газсеть: Экстра» – «Пульт диспетчера». Оно служит для конфигурирования и мониторинга автоматического сбора данных. Приложение позволяет диспетчеру наблюдать и контролировать нормальную работу автоматического сбора данных и оперативно обнаруживать наиболее важные события и проблемы на уровнях связи и сбора данных.

Для любого узла учёта газа, включенного в «Газсеть: Экстра» за любой выбранный период, доступна метрика полноты собранных данных, дата последнего сеанса опроса, новейшая архивная дата, собранная в БД. Собираемость данных можно оценить по метрике «Сеансы связи», которая рассчитывается как процентная доля успешных сеансов.

Уровень полноты данных и собираемость данных от УУГ помечаются цветом.

Первейший признак исправности узла учёта газа – это полнота данных. Если полнота или собираемость ниже 100%, необходимо выбрать его в таблице «Узлы учёта газа» и перейти во вкладку «Сеансы связи», где отображается статистика сеансов связи. Например, если все сеансы связи – неудачные, значит узел учёта газа не отвечает на запросы сервера.

Если во время сеанса связи с прибором возник отказ, то в поле «Описание» можно прочесть текстовое сообщение о причине.

Наиболее полные возможности по анализу собранных данных по учёту газа предоставляет приложение «Анализа данных».

Прежде всего, есть интерфейс для ручного сбора данных с УУГ, т.е. это опроса УУГ под управлением оператора. Его применяют, например, при отсутствии модемной связи.

Кроме этого, «Анализ данных» предоставляет исчерпывающую информацию, скачанную с УУГ, с любой глубиной хронологии: историю изменения потреблённых объёмов и метрологических параметров; архивы показаний, тревог и событий; журналы мгновенных и ежедневных показаний; истории правки системных параметров и настроек

приборов.

Программа предоставляет удобную форму детального изучения тревог и событий на УУГ за нужный период – «Таймеры событий».

Приложение включает и обширный встроенный набор готовых шаблонов отчётов: отчёты по одному узлу; отчёты по выборке из нескольких УУГ.

Предоставлены встроенные опции для экспорта данных: экспорт через транспортные файлы; конверсия отчётов в стандартные форматы; выгрузка в XML-формате для интеграции во внешние системы учёта и биллинга.

Богатство сервисных функций наращивается постепенно. Благодаря пользователям, удаётся добавлять новые форматы и сценарии для просмотра, печати и экспорта.

Какие ещё приборы можно интегрировать?

Как уже отмечалось выше, «Газсеть» совместим с разнообразными приборами учёта. Разработчики стремятся к универсальности системы и открыты для предложений о включении в систему новых корректоров и умных счётчиков.

Первым прибором, добавленным к традиционной линейке ЕК/ТС, стал СПГ. Позднее были включены ИРВИС и Флоугаз. Перечень корректоров и умных приборов постепенно наращивается.

Какой опыт приобрели разработчики, пройдя путь интеграции в систему учёта многообразных приборов учёта газа?

Стало очевидно, что стандартизация приборов учёта разных производителей в части структуры и объёмов информации, передаваемой на сервер ЕИС практически отсутствует.

Удалось понять, какие свойства приборов учёта газа можно считать универсальными, а какие индивидуальными. Пришлось разработать иерархии объектов и устоявшиеся модели баз данных. Определены сценарии разработки методов трансляции данных на верхний уровень.

Конструкторы модулей телеметрии также прошли немалый путь по дороге интеграции. В список совместимости с корректорами некоторых моделей БПЭК добавлены СПГ76х, СПГ74х, ФЛОУГАЗ, ФЛОУГАЗ-Т, Ирвис. Очередная ступень эволюции БПЭК – линейка цифровых коммуникационных модулей ЦК, основанных на едином электронном компоненте. Данный компонент, как платформа, сосредоточит в себе сумму полезных свойств, характерных для всего семейства БПЭК: поддержка 2-х SIM-карт с возможностью привязки каждой к 2-м серверам сбора данных; поддержку 4-х внешних датчиков с трансляцией их состояний по каналам связи; функция питания корректоров; автономная работа от батарей питания; поддержка всего актуального перечня корректоров, включая опрос и трансляцию данных по совместимым каналам связи на серверы; USB-интерфейс для удобства подключения ноутбука к корректору.

Интеграция умных приборов открыла новую страничку в разработке «Газсети»: у приборов СМТ-Смарт индивидуальных особенностей не меньше чем стандартных свойств. Появились новые категории атрибутов: умные свойства и умные функции.

Опыт применения «Газсети» в регионах

После испытания ПТК в пилотном проекте началось более широкое внедрение «Газсети» в газопоставляющих компаниях в нескольких регионах РФ.

Нижегородская область – это «родной» регион для «Газсети». Как уже упоминалось выше, ПТК был введён в эксплуатацию в региональной газовой компании (РГК) для реализации проекта ЕИП. За первый год развития проекта «Нижний Новгород» полностью автоматизировано:

- около 70% крупных промышленных потребителей;
- около 30% потребителей коммунально-бытового сектора;
- около 0,1% потребителей бытового сектора.

Кавказ – это регион, где «Газсеть» была применена только в бытовом секторе. Здесь (в республиках Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия) с помощью ПТК автоматизировано обслуживание более 9000 УУГ, оснащенных модулем телеметрии TMP-01. Сбор данных на 100% автоматический и идёт по технологии GPRS.

Оренбургская область. Единая информационная система на базе ПТК «Газсеть» применяется для учёта газа в промышленном и коммунальном секторах. Система обслуживает:

- более 500 УУГ автоматически – удалённо, посредством телеметрии;
- более 3500 УУГ в ручном режиме (путём обхода).

Калужская область. Единой информационной системой на базе ПТК «Газсеть» в промышленном и коммунальном секторах опрашивается:

- более 900 УУГ автоматически – удалённо, посредством телеметрии;
- более 2000 УУГ в ручном режиме.

Ведутся активные работы по внедрению ПТК «Газсеть» ещё в нескольких регионах: Сахалин, Камчатка, Приморский край, Киров, Курск, Иваново, Набережные Челны, Ростовская область, Краснодарский край, Ставропольский край, республика Чечня и др.

«Газсеть» хорошо принята пользователями и продолжает активно развиваться.

Непрерывно идёт сопровождение всех развёрнутых комплексов.

Постепенно увеличивается парк обслуживаемых УУГ, испытываются новые приборы учёта и системы телеметрии. Параллельно идёт модернизация оборудования, разработка и ввод новых версий ПТК, реализация дополнительных функций приложений по запросу заказчиков.

Почему «Газсеть»?

Выше была продемонстрирована широкая применимость IT-решения «Газсеть: Шлюз» для внедрения узлов учёта с умными приборами СМТ-Смарт в систему учёта верхнего уровня. Также упомянуты дополнительные достоинства и конкурентные преимущества системы «Газсеть».

Среди важнейших плюсов:

- совместимость с умными счётчиками газа, а также с самыми популярными марками электронных корректоров, систем телеметрии;
- автоматическое считывание всей архивной первичной информации от УУГ;
- автоматический контроль полноты собираемых данных;
- автоматический контроль несанкционированного доступа к УУГ;
- оперативный диспетчерский контроль за качеством связи, исправностью оборудования и метрологическими параметрами газопотребления;
- детальный анализ критичных тревог;
- встроенные инструменты экспорта и трансляции данных в сторонние системы;
- лёгкость адаптации к требованиям заказчика;
- простота интеграции в ИС верхнего уровня.

«Газсеть» изначально ориентирована на интеграционные задачи.

Она включает в себе большой объём знаний о многих типах приборов учёта и систем телеметрии, коммуникационных протоколах, алгоритмах сбора данных по различным технологиям, тонкостях метрологии и других аспектах телеметрии и учёта газа. Эти знания накоплены в течение продолжительного периода времени. И воспроизвести их «с нуля» непросто.

«Газсеть» может служить не только сервером сбора данных, но и программным интерфейсом для удалённого управления компонентами, устройствами и приборами учёта, не влияющая на результаты измерений, выполняемых умными счётчиками газа.

«Газсеть» открыта для сотрудничества в решении самых современных и амбициозных задач по интеллектуальному учёту газа.

ПТК «Газсеть» адаптирован для работы с различными ИС верхнего уровня через применение программного компонента «Газсеть: Шлюз». Применение «Газсеть: Шлюз» согласовано с разработчиком программ верхнего уровня – компанией ООО «АНТ-Информ», г. Москва.

Выводы

ПТК «Газсеть» скрывает от пользователей сложность реализации автоматического сбора данных, протоколов передачи от разнородных приборов учёта и другие технические аспекты.

Продукт обеспечивает готовое решение и сопровождение целого комплекса технических вопросов. Среди них: расширение номенклатуры типов приборов учёта и систем телеметрии; модернизация телекоммуникационных технологий; масштабирование сетей с ростом парка УУГ; реализация заказных форматов экспорта и отчётности; сопряжение с верхнеуровневой системой учёта газа.

При помощи ПТК «Газсеть» будет легче выполнять системную интеграцию при строительстве интеллектуальной системы учёта потребления газа.

ООО «Техномер»

www.tehnomer.ru



Нижегородская обл.,
г.Арзамас, ул.Калинина,68



+7 (83147) 7-66-72,
+7 (83147) 7-66-73



info@tehnomer.ru