

НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА СЫПУЧИХ ВЕЩЕСТВ И ПЫЛИ

А.Н. Крошкин (ООО "МетраТек")

Когда мы говорим об измерении расхода или о детектировании потока, то предполагаем, что рабочей средой является жидкость или газ. Однако существует еще один большой класс материалов, которые обладают текучестью, транспортируются по различным каналам и трубопроводам, и расход которых также необходимо измерять. Это так называемые сыпучие вещества в различных фракциях – от мелкодисперсной пыли до крупнозернистых гранулятов. Датчики для работы с сыпучими веществами довольно редко встречаются на рынке, поэтому продукция компании SWR engineering Messtechnik GmbH (Германия), чьи интересы в России эксклюзивно представляет ООО "МетраТек", будет интересна для специалистов, занятых в области промышленной автоматизации.

Измерение массового расхода сыпучих материалов

Как известно, для измерения расхода жидкостей и газов не существует единого универсального способа измерений. В зависимости от свойств среды, таких как давление, температура, плотность, вязкость, электропроводность и т.п. применяются различные типы расходомеров. Точно так же и для сыпучих веществ в зависимости от параметров среды используются различные типы приборов. Основными параметрами сыпучего материала, влияющими на тип прибора, является плотность потока и скорость перемещения материала.

Для случая потока невысокой плотности, перемещающегося с относительно высокой скоростью, разработан прибор SolidFlow (рис. 1). Это прибор врезного типа, который устанавливается с помощью приварной втулки в металлические каналы и используется для измерения расхода пыли, порошков, гранулятов с размером частиц 1 нм...1 см. Принцип действия прибора основан на взаимодействии высокочастотного электромагнитного поля с частицами материала. Зондирующий сигнал отражается от пролетающих частиц, принимается датчиком и измеряется по частоте и амплитуде. Прибор работает фактически в режиме счетчика частиц. За счет селективного приема по частоте обрабатываются сигналы только от движущихся частиц, то есть имеющие доплеровское смещение, и подавляются сигналы от неподвижных наростов, отложений и т.п. Прибор состоит из сенсора, монтируемого в канал, и модуля обработки (трансммитера), устанавливаемого на расстоянии до 1000 м от места монтажа. Для трубопроводов диаметром до 200 мм устанавливается один сенсор, свыше 200 мм – два или три сенсора, подключенных к одному трансмиттеру. Максимальный диаметр канала для установки прибора SolidFlow – 600 мм.

Применение прибора SolidFlow чрезвычайно многообразно. Он используется в бойлерах и других тепловых агрегатах, имеющих камеру сгорания и использую-

щих в качестве вторичного топлива угольную или другую пыль. С помощью SolidFlow измеряется и регулируется равномерность подачи топливной пыли по различным трубопроводам, в результате чего значительно повышается эффективность сгорания. Прибор также используется для дозирования различных присадок, например сульфата железа в цементном производстве. Будучи установленным, например, на выходе шнекового податчика, SolidFlow позволяет регулировать частоту вращения шнека и поддерживать постоянную пропорцию. В результате достигается стабильное качество продукта, и экономятся дорогостоящие присадки. Также типичным случаем применения SolidFlow являются различные системы пропорционального смешивания,

когда несколько компонентов загружаются в один миксер. Сложные и дорогостоящие взвешивающие системы зачастую слишком неточны для малых количеств. SolidFlow позволяет решить проблему дозирования компонентов более эффективно.

В тех случаях, когда материал подается более плотным потоком, обработка сигнала от отдельных частиц уже невозможна. Для этих целей разработан прибор DensFlow (рис. 2), который в отличие от SolidFlow имеет корпусную конструкцию и устанавливается в разрез трубопровода при помощи фланцевого соединения. Внутри прибора создается специальное переменное электромагнитное поле, взаимодействующее с транспортируемым материалом. На фиксированном

расстоянии установлены два чувствительных элемента. Они измеряют амплитуду сигнала, которая благодаря эффекту поглощения оказывается пропорциональной концентрации материала в потоке. Сигнал с двух сенсоров поступает также на коррелятор, с помощью которого при известном расстоянии между сенсорами вычисляется скорость потока. Зная концентрацию (K), скорость (V) и площадь поперечного сечения (A), трудно рассчитать массовый расход материала $Q = K \times V \times A$. Прибор состоит из сенсора, монтируемого в



Рис. 1. Датчик для потока малой плотности SolidFlow

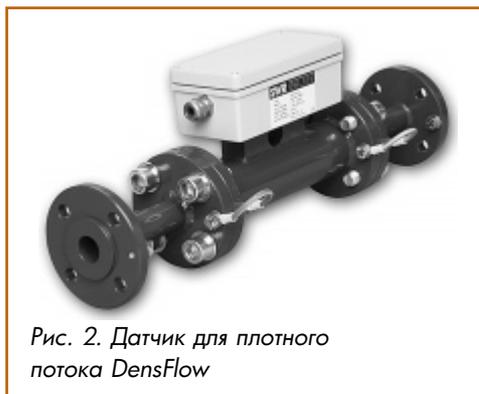


Рис. 2. Датчик для плотного потока DensFlow

трубопровод, и трансмиттера, который может быть удален на расстояние до 300 м от места монтажа. Сенсора производятся для всех стандартных диаметров трубопроводов (DN) в диапазоне 10...125 мм. Прибор полнопроходный, поэтому не создает помех потоку и не приводит к образованию заторов материала.

Самым распространенным применением DensFlow является измерение потока угольной пыли, подаваемой в качестве топлива в доменные печи на металлургических комбинатах. Зная распределение топлива по различным подающим трубопроводам, можно управлять его подачей и добиться оптимального сгорания. Также DensFlow используется в случае, когда дорогостоящие материалы бережно транспортируются пневмоспособом в плотном потоке. Прибор позволяет управлять скоростью потока и тем самым оптимизировать процесс и обеспечивать заданные условия транспортирования.

Для труб диаметром более 125 мм и больших потоков материала разработан прибор MaxxFlow, который производится для номинальных диаметров DN 150, 200 и 250 мм (рис. 3). Этот прибор по принципу действия аналогичен DensFlow с той лишь разницей, что работает только на вертикальных участках трубопровода и производит измерения только при свободном падении материала. Типичными местами установки прибора являются вертикальные участки на выходе силосов, куда материал выгружается, например, при помощи поворотной заслонки. Также это могут быть участки свободного падения материала после ленточного конвейера, шнекового питателя, элеватора и других подобных устройств.

В виду чрезвычайного многообразия материалов и их свойств (размер частицы, диэлектрическая проницаемость, влажность и т.п.) расходомеры SolidFlow, DensFlow и MaxxFlow не могут быть подвержены заводской калибровке. Они калибруются на месте установки путем сравнения измеренного количества с некоторой заранее известной (взвешенной, измеренной) дозой материала. После такой калибровки "по месту" датчики SolidFlow и DensFlow обеспечивают относительную погрешность измерения 2...5 %, а для MaxxFlow достижимы значения 1...3 %. При монтаже должны соблюдаться требования к прямым участкам. Для SolidFlow – это порядка 5DN на входе и 3DN на выходе, для DensFlow – 20DN и 10DN соответственно. Расходомеру MaxxFlow нужен участок свободного падения всего 200 мм, а в ряде случаев можно обойтись и без него.

Все расходомеры имеют аналоговый выходной сигнал 4...20 мА и цифровой интерфейс RS-485.

Детектирование потока сыпучих материалов

На практике очень часто встречается ситуация, при которой нет необходимости знать текущий расход сыпучего вещества, а достаточно контролировать его движение и предотвращать образование пробок (заторов) в каналах и трубопроводах. Для этих целей было разработано простое и дешевое реле потока FlowJam (рис. 4), позволяющее практически мгновенно обнаруживать факт остановки потока материала и сигнализировать об этом с помощью релейного выхода.

Принцип действия датчика основан на использовании эффекта Доплера. Мощность зондирующего сигнала достаточна, чтобы обнаруживать движущийся материал даже за значительным слоем нароста. Для неметаллических каналов, бункеров и других конструкций возможно бесконтактное измерение снаружи стенок конструкции.

Датчик FlowJam в обычном исполнении работает при температуре до 80 °С и при избыточном давлении до 1 бара. Со специальным адаптером возможно использование при высокой температуре (до 220 °С) или при высоком давлении (до 20 бар). Известно применение датчика FlowJam на цементном производстве для предотвращения заторов в циклоне, температура внутри которого составляет порядка 600 °С. В этом случае датчик работает через специальное керамическое окно. Типичным является использование FlowJam в металлургии при подаче топлива, на цементных, гипсовых и других производствах, где технологический цикл предусматривает непрерывность подачи материала. FlowJam с адаптером может использоваться и в случаях, когда зона внутри конструк-

ции квалифицируется как взрывоопасная (класс II D по классификации АTEX).

Датчик монтируется с помощью полуторцовой резьбовой втулки, фланца DN40, хомута или любым другим удобным способом. Не нуждается во внешнем электронном модуле, вся электроника размещена непосредственно в корпусе датчика. Имеет регулировку порога и задержки срабатывания, дополнительной настройки не требует.

Измерение и детектирование пыли

Во многих технологических установках производится фильтрация воздуха или иного газа от частиц твердых веществ (пыли). В ряде случаев появление



Рис. 3. Датчик для больших диаметров MaxxFlow



Рис. 4. Индикатор потока FlowJam

пыли в "чистых" частях установок после фильтров критично для всего ТП. Это в равной степени актуально и для систем промышленной и бытовой вентиляции. Контроль состояния фильтров – зачастую дорогостоящее и трудоемкое занятие. Поэтому специально для обнаружения и измерения потока пыли был разработан датчик ProSens (рис. 5).

Датчик имеет штыревую конструкцию и устанавливается в канал на глубину 1/3...2/3 от диаметра с помощью приварной монтажной втулки. Датчик работает на так называемом трибоэлектрическом принципе, суть которого состоит в том, что при взаимодействии частиц пыли со штырем происходит перенос небольшого электрического заряда. Этот заряд затем преобразуется в электрический сигнал, который обрабатывается электроникой. Если материал не меняется, сигнал пропорционален потоку даже в том случае, если имеет место налипание пыли на датчик. Практика доказала, что данный принцип измерений обеспечивает точность и надежность результатов. Датчик рассчитан на работы только в металлических каналах или трубах. В противном случае канал в месте установки датчика должен быть покрыт металлорукавом, фольгой или мелкоячеистой сеткой на участке длиной как минимум в пять диаметров.

Датчик ProSens выпускается в трех модификациях: как реле пыли, как устройство мониторинга пыли и как измеритель потока пыли (выбросов). В первом случае датчик имеет только релейный выход, во втором и третьем – аналоговый 4...20 мА. Измеритель потока отличается тем, что он может быть откалиброван непосредственно в единицах массового расхода ($\text{мг}/\text{м}^3$).

Задача простого обнаружения пыли при разрушении фильтров встречается намного чаще, чем задача количественного измерения потока пыли. Поэтому дополнительно к датчику ProSens, имеющему три модификации, было разработано более простое и дешевое устройство Dusty, которое может работать только в режиме реле пыли. Этот миниатюрный и недорогой прибор позволяет эффективно решать задачу немедленного обнаружения факта разрушения фильтра. Он использует аналогичную трибоэлектрическую технологию. Dusty первоначально настраивается на некий нормальный уровень пыли, соответствующий исправному фильтру. В процессе работы датчик генерирует два дискретных сигнала: при 5-кратном и 20-кратном превышении нормального уровня пы-

ли. Для визуального восприятия Dusty имеет световую индикацию в виде двухцветного светодиода.

Измерение влажности сыпучих материалов

Для многих сыпучих материалов в ТП чрезвычайно важна их влажность. Влажность влияет на массу вещества и на ряд физических свойств, таких как сыпучесть, склонность к налипанию и т.п. Слишком сырой или сухой материал могут существенно нарушить ТП. В ряде случаев избыточная или недостаточная влажность приводит к необратимому изменению свойств (порче) материала. Например, слишком влажное зерно, заложенное на элеватор, не сможет долго храниться. Также слишком влажный цемент при складировании через короткое время придет в негодность.

Для решения задачи текущего измерения влажности сыпучих материалов в режиме on-line разработан прибор M-Sens (рис. 6), состоящий из сенсора, монтируемого в месте измерения, и модуля обработки (трансммиттера), устанавливаемого на расстоянии до 300 м от места монтажа. Сенсор прибора представляет собой открытый резонатор, в поле которого движется исходный материал. В зависимости от его влажности, меняется добротность резонатора, то есть напряженность электромагнитного поля.

Сенсор устанавливается с помощью специального приварного адаптера. Он может быть смонтирован в стенке подающего трубопро-

вода, в стенке шнекового питателя, непосредственно над ленточным конвейером, в стенке выпускной секции бункера и в других местах, где обеспечивается непрерывный поток измеряемого материала непосредственно перед апертурой сенсора. Следует помнить, что прибор M-Sens измеряет текущую влажность в движущемся потоке материала, измерение в статическом режиме невозможно. Поэтому к выбору места установки сенсора следует подходить внимательно.

Детектирование предельного уровня

Задача детектирования предельного минимального или максимального уровня в бункерах, силосах, миксерах, технологических емкостях и других конструкциях является, пожалуй, самой типичной при работе с сыпучими веществами. На рынке присутствует множество датчиков предельного уровня, к числу которых относятся вибрационные, емкостные, ультразвуковые, механические и даже датчики, использующие гамма-излучение. Однако большинство из них является контактными, что не всегда приемлемо с точки зрения процес-



Рис. 5. Измеритель потока пыли ProSens



Рис. 6. Поточный измеритель влажности M-Sens

са и физико-химических свойств материала, либо имеют другие существенные недостатки, среди которых немаловажным фактором является и цена.

Поэтому продукт компании SWR, получивший название ProGap II, занимает достойное место в ряду данного класса датчиков (рис. 7). Он использует незаслуженно забытый многими производителями способ микроволнового зондирования с помощью передатчика и приемника. Основным недостатком данного способа является необходимость установки и точного позиционирования двух отдельных устройств с разных сторон конструкции. Достоинством же в отличие от вибрационных, емкостных, механических и прочих датчиков является возможность бесконтактного измерения. При этом рабочий диапазон датчика ProGap II (ширина конструкции) в обычном исполнении может быть до 4 м, а в специальном – до 18 м. Универсальность микроволнового метода обеспечивает работу датчика не только на сыпучих, но и на жидких средах.

Приемник и передатчик устанавливаются на резьбе во втулки либо непосредственно в стенки конструкции при достаточной ее толщине. При этом требуется обеспечение соосности приемника и передатчика, а также совпадение меток поляризации поля. В неметаллических конструкциях датчик может работать снаружи через стенки конструкции. Также для приемника и передатчика могут быть предусмотрены окошки из неметаллического материала, выбор которого зависит от условий процесса. Это позволяет полностью изолировать датчик от процесса, что особен-

но важно в случае агрессивных сред, а также при высокой температуре или давлении в процессе.

Датчик ProGap II в обычном исполнении применяется при температуре до 80 °С и при избыточном давлении до 1 бара. Со специальным адаптером допускает использование при высокой температуре (до 220 °С) или при высоком давлении (до 20 бар). Также с адаптером может использоваться для взрывоопасных зон (класс II D по классификации АTEX).

Органы настройки, с помощью которых регулируется порог и задержка срабатывания, расположены в корпусе передатчика. В корпусе приемника находится специальный дисплей, отображающий напряженность поля и позволяющий упростить и ускорить настройку. Питательное напряжение подводится к обоим элементам датчика, выходной сигнал (реле) находится в корпусе приемника. Датчик чрезвычайно удобен в настройке и эксплуатации.



Рис. 7. Микроволновый барьер ProGap II

Компания SWR engineering с момента своего образования в 1994 г. исповедует философию максимальной близости к нуждам реального сектора промышленности и компетенции в узком сегменте рынка средств измерений. Зачастую измерительные задачи при работе с сыпучими материалами и пылью не так очевидны, как при измерениях жидкостей и газов, транспортируемых по трубопроводам. Однако практика подтвердила высокую экономическую эффективность их применения в различных технологических процессах.

ООО "МетраТек" предлагает полный комплекс услуг по подбору, закупке, монтажу и обслуживанию продукции компании SWR Engineering.

Крошкин Алексей Николаевич – канд. техн. наук, член-корреспондент Метрологической академии, исполнительный директор ООО "МетраТек".

Контактный телефон (499) 760-38-96/97.

Автоматизированная система управления и диспетчеризации в Kutuzoff Tower

В феврале текущего года ЗАО "МЗТА Инжиниринг" завершило пусконаладочные работы автоматизированной системы управления и диспетчеризации инженерным комплексом 20-этажного офисного здания класса "А" – Kutuzoff Tower (Москва). Бизнес-центр расположен на улице Ивана Франко на пересечении Рублевского шоссе и Кузнецкого проспекта. Вся система управления и диспетчеризации инженерных систем реализована на основе ПТК КОНТАР, что обеспечило комфортное оперативное управление оборудованием, своевременный контроль за состоянием оборудования и расходом потребляемых ресурсов, повысило безопасность объекта.

В рамках этого проекта компания "МЗТА Инжиниринг" осуществила проектирование, сборку шка-

фов комплектной автоматики, программирование контроллерного уровня системы, шеф-монтаж полевого уровня и шеф-пусконаладочные работы. В результате проекта была автоматизирована работа индивидуального теплового пункта (ИТП), насосов ХВС, 25 приточных систем, 19 вытяжных систем, двух дренажных приемков.

Особенностью этой работы явилась интеграция верхнего уровня ПТК КОНТАР с охранной системой "Орион" на уровне АРМа диспетчера, что позволило осуществлять круглосуточный комплексный мониторинг и управление инженерным оборудованием и системами охранно-пожарной безопасности здания из единого диспетчерского пункта.

[Http://www.mzta.ru](http://www.mzta.ru)