

## РАСХОДОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ГАЗА И ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Ю.Д. Цукерман, А.Ю. Цукерман (ООО «ИнСАТ»)

Представлено решение, разработанное и испытанное НПФ «ИнСАТ» для решения задач измерения расхода жидкостей и газов на базе термокалориметрических сенсоров.

Ключевые слова: термокалориметрический метод измерения, сенсор, расходомер, линейризация, ПЛК.

Термокалориметрические сенсоры давно и успешно применяются при решении задач измерения расхода газа в широком диапазоне (от десятков литров до сотен м<sup>3</sup>/ч) в разных странах. В России их выпускает фирма «Турбулентность-Дон» (г. Ростов-на-Дону). Основными областями применения приборов стали климатотехника и вентиляция, а в последние годы — и промышленные измерения (расход воздуха, азота, аргона, природного газа и т.д.) [1, 2].

Одним из недостатков подобных сенсоров принято считать высокие требования к чистоте измеряемого газа в связи с засорением или безвозвратной порчей измерительной спирали (элемента), расположенного непосредственно в измеряемой среде и являющегося собственно сенсором. Стоимость подобных приборов измеряется несколькими тысячами долл. США.

### Макетные образцы расходомеров газа на заводе ОАО «Аргон»

НПФ «ИнСАТ» приняла решение о создании расходометрических систем газа с использованием термока-

лориметрических сенсоров в ходе выполнения проекта на заводе ОАО «Аргон» (г. Балаково) в 2008 г. Для измерения расхода чистого азота был применен сенсор SI 5004 фирмы IFM Electronic (Германия), предназначенный для работы в качестве настраиваемого реле потока жидкости или газа (измеряет массовую скорость потока жидкости или газа). При этом прибор оснащен аналоговым выходом 4...20 мА. Его конструктивной особенностью являются термоэлементы сравнения, защищенные трубкой из нержавеющей стали. Это приводит к некоторому снижению чувствительности и подавлению нуля, зато прибор является практически неуязвимым.

При проверке разработанного расходомера на установке поверки счетчиков воздуха в ЦСМ (г. Сергиев-Посад) было установлена относительная погрешность, не превышающая 2,5%, но при этом характеристика прибора была нелинейной.

Затем приборы были проградуированы на реальной среде (азот), в качестве образцового прибора использовался SD 6010 (на азот) IFM Electronic (Германия). Класс точности прибора — 2%.

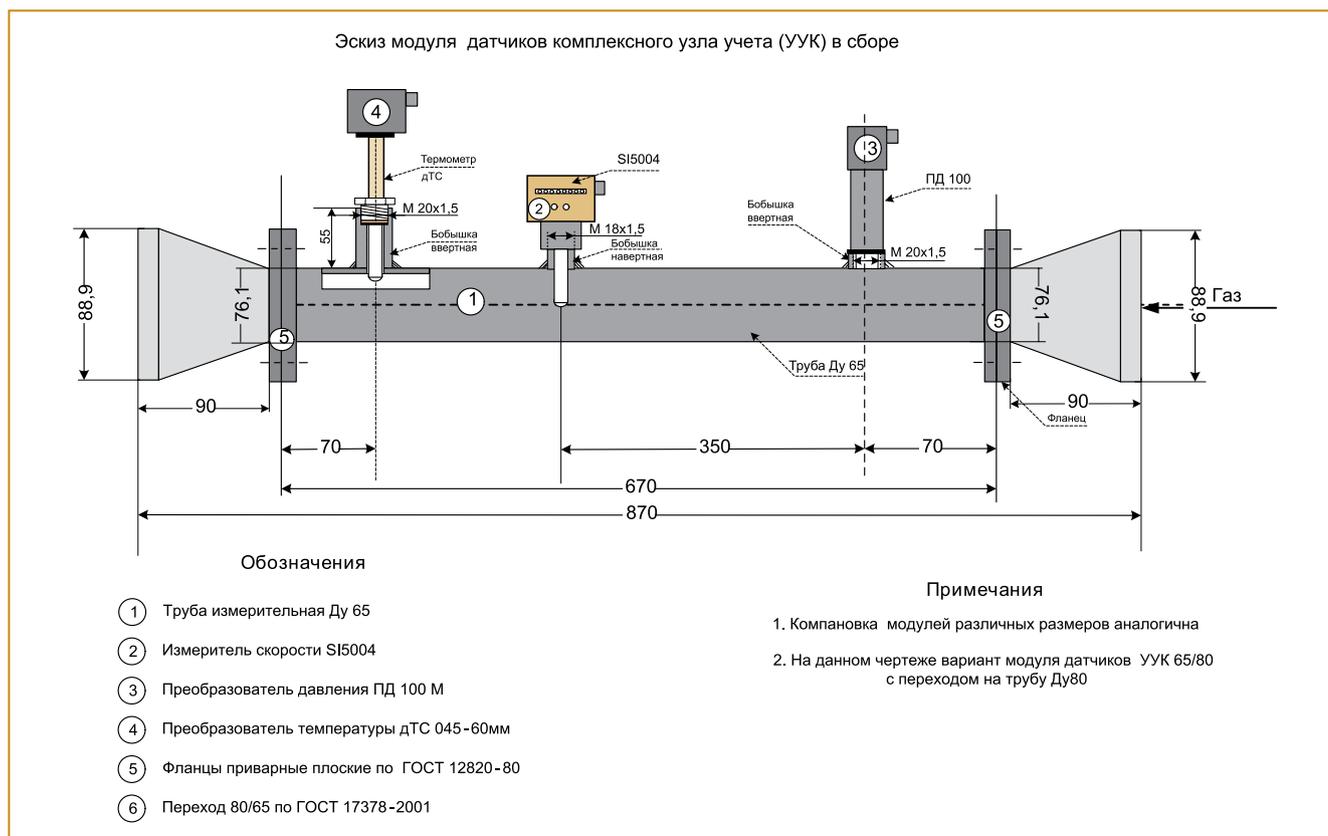


Рис. 1. Структурная схема расходомера УУК

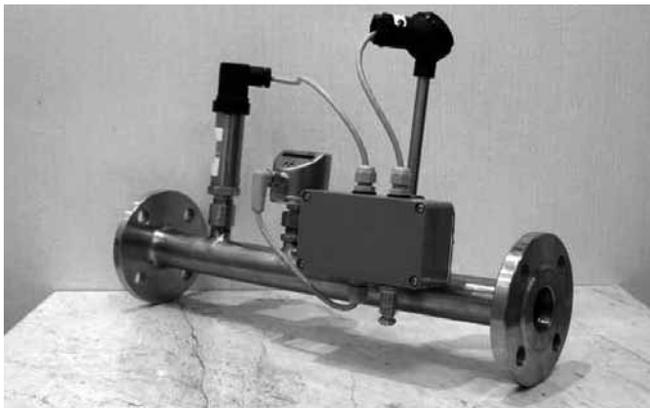


Рис. 2. Внешний вид расходомера газа УУК-1

На заводе ОАО «Аргон» были смонтированы порядка 50 ед. расходомеров с применением указанных сенсоров. Сигналы от датчиков расхода в этой системе поступают на аналоговые входы контроллеров ПЛК-100, формула их линеаризации в виде полинома 3-й степени заложена в программу контроллера. Расходомеры работают на указанном предприятии до настоящего времени, расхождение их суммы показаний с коммерческим расходомером не превышает 7...8%.

#### Макетные образцы расходомеров газа в ОАО «ОСРАМ»

В следующий раз НПФ «ИнСАТ» повторила свой опыт в области расходомерии при решении задачи измерения расхода природного газа и чистого кислорода на предприятии ОАО «ОСРАМ» (г. Смоленск). В 2011 г. были изготовлены порядка 25 ед. так называемых модулей расхода УУК с использованием сенсоров SI 5004 фирмы IFM Electronic. Хотя приборы, построенные на калориметрическом методе, являются массовыми расходомерами, в модуле УУК предусмотрена установка измерителей давления и температуры газа. Эскиз прибора показан на рис. 1, внешний вид — на рис. 2.

Расходомеры поверялись (с последующей их сертификацией) в ЦСМ (г. Сергиев Посад) на воздухе, где их погрешность не превышала 2%. Впоследствии для перетарировки расходомеров на площадке использовался прибор SD 6000 (на воздух) фирмы IFM Electronic. При обработке сигнала в вычислителе вводится коэффициент, учитывающий разницу теплоемкостей природного газа (или кислорода) и воздуха. При поверке на реальной среде такой коэффициент не вводится.

Вычислителями в этой системе технического учета являются газовые корректоры Логика-762.2, которые могут принимать без искажения расчетов только линейные аналоговые сигналы. Использование в расходомере сенсора, имеющего в составе схему, реали-

зующую формулу линеаризации аналогового сигнала, было бы предпочтительнее. Однако в данном проекте это было невозможно, так как сенсор SI 5004 является готовым изделием, и фирма — разработчик не располагает даже приставкой — линеаризатором.

Аналоговый выходной нелинейный сигнал сенсора с достаточной точностью линеаризуется с помощью полинома 3-й или 4-й степени. Можно также описать этот сигнал с помощью таблицы из 14-ти точек, как это сделано в приборе Логика для подключения расходомера Gilflo. Но проблема заключается в том, что нелинейность характеристики датчика SI 5004 различна для разных газов. Кроме того, в расходомер Gilflo заложен метод измерения, отличный от используемого в SI 5004. Поэтому задачу линеаризации данных пришлось решать на уровне SCADA-системы.

Расхождения суммы показаний приборов, установленных в г. Смоленске, в балансе с общим коммерческим прибором не превышают 3...5%.

#### Заключение

В результате уже достаточно длительного использования сенсоров SI-5004 на производстве можно говорить об их надежности и воспроизводимости. За весь период эксплуатации не было зафиксировано ни одного отказа.

В настоящее время в НПФ «ИнСАТ» испытаны двухканальные модули линеаризации WAD-340 с возможностью введения полинома до 5-й степени с произвольными коэффициентами фирмы «АКОН» (г. Киев).

Результаты вполне удовлетворительны, приборы успешно работают в одной из систем учета, однако стоимость канала в данных приборах приближается к 200 долл. США, что существенно увеличивает стоимость расходомера, особенно одноканального.

Таким образом, задача линеаризации в калориметрических приборах решается с помощью достаточно громоздких и дорогих схем, увеличивающих их цену. Поэтому крайне интересной представляется возможность линеаризации сигнала в вычислителе Логика 761-762. В дальнейшем эта функция могла бы быть использована для подключения любого аналогового сигнала расходомера с нелинейной характеристикой. По расчетам НПФ «ИнСАТ» себестоимость приборов, подобных описанным в статье, могут быть надежным и вполне бюджетным решением.

#### Список литературы

1. Ярин Л.П., Генкин А.Л., Кукес В.И. Термоанемометрия газовых потоков Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1983.
2. Ураксеев М.А., Романченко А.Ф., Абдраштов Д.Р., Шилова С.А. // Исследовано в России: Электронный журнал. 2001. Вып. 51.

*Цукерман Юлий Давидович — руководитель отдела,  
Цукерман Александр Юлиевич — инженер ООО «ИнСАТ».  
Контактный телефон (495) 989-22-49 доб.121.  
E-mail: tsukerman@insat.ru http://www.insat.ru*