

ТЕПЛОТЕХНИКА

Л. К. ЯКИМОВ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ГАЗОВЫЕ ВЕСЫ

(Представлено академиком М. В. Кирпичевым 6 XII 1946)

Проблема автоматических газовых весов разрешена нами применительно к измерению CO_2 в отходящих газах котлов и промышленных печей.

Газовые весы работают на принципе сопоставления молекулярных весов $M_{\text{газа}}$ и $M_{\text{воздуха}}$ и показывают в результате процесса горения:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 + \frac{M_{\text{H}_2} - M_{\text{воздуха}}}{M_{\text{CO}_2} - M_{\text{O}_2}} \text{H}_2 + \frac{M_{\text{SO}_2} - M_{\text{O}_2}}{M_{\text{CO}_2} - M_{\text{O}_2}} [\text{SO}_2 + \dots] = \\ = \text{CO}_2 - 2,2\text{H}_2 + 2,7\text{SO}_2 + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь главной составляющей является CO_2 , влияние компонентов смеси H_2 и SO_2 одного порядка, с разными знаками, и содержание их может изменяться в пределах до 0,2% при точности прибора 0,5% CO_2 .

Сравнивая газовые весы с электрическим газоанализатором, следует отметить, что электрический газоанализатор, работая на принципе сопоставления теплопроводностей $\lambda_{\text{газа}}$ и $\lambda_{\text{воздуха}}$, фактически показывает не CO_2 в процентах по объему, а, учитывая реакцию горения, дает:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 + \frac{\lambda_{\text{воздуха}} - \lambda_{\text{H}_2}}{\lambda_{\text{O}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}} \text{H}_2 + \frac{\lambda_{\text{O}_2} - \lambda_{\text{SO}_2}}{\lambda_{\text{O}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}} \text{SO}_2 + \dots = \\ = \text{CO}_2 - 15,5\text{H}_2 + 1,6\text{SO}_2 + \dots \end{aligned} \quad (2)$$

Содержание водорода в газах для электрического газоанализатора недопустимо. В действительности же присутствие водорода в отходящих газах котлов и печей, хотя и в небольших количествах, но наблюдается вследствие химической неполноты сгорания топлива. Отсюда ясно, почему электрические газоанализаторы, даже при низкой температуре платиновых плеч мостика Уитстона, при которой водород не горит, в эксплуатации часто расстраиваются.

Сопоставляя (1) и (2), мы приходим к выводу, что принцип работы газовых весов для измерения CO_2 в отходящих газах котлов и печей лучше и надежнее сложного принципа работы электрического газоанализатора. Влияние водорода у электрического газоанализатора в 7 раз больше, чем у газовых весов.

Схема газовых весов, предложенных автором, изображена на рис. 1. Газ входит в весы через отверстие 1, расположенное за прибором, и отсасывается дымососом через отверстия 2 и 3. Воздух, с которым сопоставляется газ по весу, при одинаковой температуре с последним всасывается через отверстие 4 и отсасывается, так же как и газ, через отверстия 2 и 3. В верхней части замкнутого контура 5, над

перегородкой 6, находится крыло 7, снабженное указателем CO_2 9, движущимся по шкале 10. На оси крыла имеется спиральная пружинка 8, которая закручивается тем сильнее, чем больше давление воздуха на крыло 7, возникающее вследствие разности весов столбов

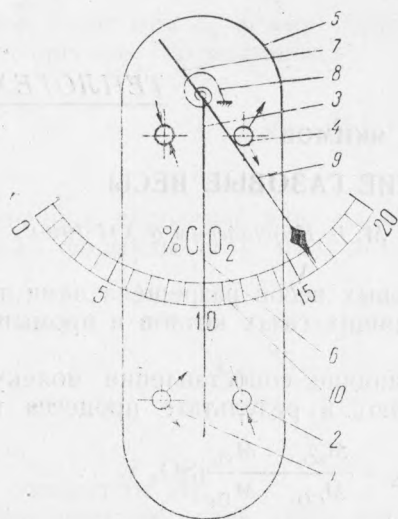


Рис. 1

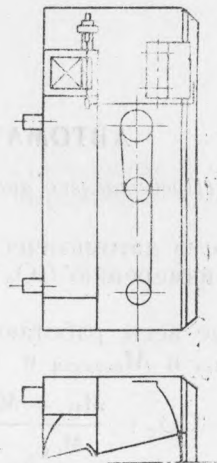


Рис. 2

воздуха и газа с содержанием CO_2 . Момент, действующий на оси крыла, находится по формуле:

$$M = \frac{M_{\text{CO}_2} - M_{\text{O}_2}}{\Omega \cdot 100} \text{CO}_2 f a h \text{ (мг} \cdot \text{см)}, \quad (3)$$

где $M_{\text{CO}_2} = 44$ и $M_{\text{O}_2} = 32$ (кг/моль); Ω — объем моля газа, отнесенный к температуре прибора ($\text{м}^3/\text{моль}$); CO_2 — углекислота в процентах по объему; f — площадь крыла (см^2); a — расстояние от оси до середины крыла (см); h — высота столба газа (см).

Подставляя в формулу (3) $\text{CO}_2 = 20\%$, $f = 36 \text{ см}^2$, $a = 3 \text{ см}$, $h = 25 \text{ см}$, $\Omega = 25 \text{ м}^3/\text{моль}$, получим $M = 260 \text{ мг} \cdot \text{см}$.

Таким образом, для нормального расчетного момента конструктивные размеры прибора получаются небольшие.

Газовые весы (рис. 1) в принципе отличаются от других газоанализаторов еще и тем, что газ в них действует на измерительную систему не прямо, а через воздух, не соприкасаясь с чувствительными к загрязнению частями прибора. Прибор работает без фильтров на любом газе.

Газовые весы являются универсальным прибором и могут работать как: 1) влагомер, 2) химический газоанализатор, на отдельные компоненты смеси газа, 3) α -прибор для двигателей внутреннего сгорания, 4) кислотомер, 5) измеритель скорости и разрежения газов, 6) измеритель теплотворной способности газа. Новый прибор очень чувствителен и точен.

На рис. 2 представлен автоматический газоанализатор, изготовляемый серийно в Московском энергетическом институте. Ось крыла, в отличие от схемы рис. 1, имеет вертикальное направление, что лучше с точки зрения балансировки весов. В камеру с крылом ось входит через отверстия с острыми кромками. Крыло площадью около 60 см^2 качается на ленте из фосфористой бронзы. При 20% CO_2 на подвеску действует момент $750 \text{ мг} \cdot \text{см}$. Пределы подачи газа в прибор $25\text{--}90 \text{ см}^3/\text{сек}$.

Газ и воздух в приборе движутся ламинарно. Расстояние по высоте между штуцерами прибора 30 см. Корпус имеет размеры $55 \times 30 \times 30$ см. Запись на бумажную ленту производится с интервалами в 60 сек. ударным способом.

Газ из котла (рис. 3) поступает в прибор по трубам диаметром 2—3 см. За время прохождения от точки забора до прибора (1—2 мин.) газ принимает температуру окружающей среды. Скапливающаяся в трубах газовой линии вода стекает в конденсационный сосуд.

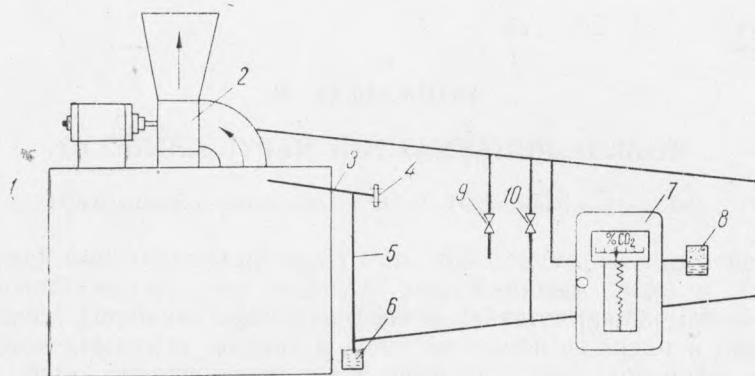


Рис. 3. Схема установки газоанализатора на CO_2 . 1 — котел, 2 — дымосос, 3 — заборная труба диаметром 5—6 см, 4 — флянец для чистки, 5 — газовая линия диаметром 2—3 см, 6 — стакан для конденсата, 7 — прибор, 8 — фильтр с влажной ватой, 9 — вентиль для изменения тяги, 10 — вентиль для регулировки скорости газа

Воздух в прибор поступает через влажный ватный фильтр и шайбу диаметром 2 мм. Газ и воздух из прибора отсасываются дымососом, а там, где его нет, — дутьевым вентилятором или дымовой трубой. Необходимое разрежение в приборе устанавливается по схеме ввода дополнительного воздуха в линию после прибора.

На расстоянии 2—3 м от прибора газовая линия соединяется с линией к дымососу перемычкой. Пропуская газ через перемычку, можно довести время запаздывания показаний прибора до 15—20 сек.

Эксплуатационные испытания серии приборов показали, что измерительная система прибора не загрязняется газом. Газовая линия требует периодической продувки сжатым воздухом или по мере загрязнения должна промываться водой.

Установка керамического или другого фильтра на заборной линии не обязательна. При большой запыленности газ следует пропускать через мультициклон, устанавливаемый в начале газовой линии. В эксплуатации прибор показывает с точностью до 0,2—0,5% CO_2 в диапазоне всей шкалы. Поправки на температуру воздуха в котельной и на барометрическое давление при данной точности работы прибора являются излишними. Окись углерода можно измерять газоанализатором по схеме с дожиганием.

Наблюдая работу целой серии приборов в эксплуатации, установленных на электростанциях и в промышленных котельных, мы пришли к заключению, что найденное простое конструктивное решение проблемы газовых весов является правильным. На электростанциях мощностью 100 000 kW при работе с газоанализатором достигается экономия топлива порядка 50—100 тонн в сутки.