

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА
НА ПОКАЗАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА

Н. В. ПОДБОРНОВ

(Представлена научным семинаром химико-технологического факультета)

Задачей настоящего исследования является выяснение возможности применения автоматического электрического газоанализатора для анализа водорода в генераторном газе, а также выяснение влияния состава газа на показания этого же газоанализатора. Принцип действия электрического газоанализатора основан на отличии относительной теплопроводности некоторых газов от теплопроводности воздуха. Величины относительной теплопроводности газов приведены в табл. 1 [1].

Таблица 1

№ п. п.	Г а з	Относительная теплопроводность газа
1	Воздух	1,000
2	Кислород	1,015
3	Азот	0,998
4	Водород	7,130
5	Окись углерода	0,964
6	Двуокись углерода	0,614
7	Метан	1,318
8	Водяные пары при 100°C	0,973

Для газовых смесей, состоящих из газов, в реакцию друг с другом не вступающих, теплопроводность в первом приближении можно определить

$$\lambda_{см} = \frac{\sum_{n=1}^m k_n \lambda_n}{100}, \quad [1]$$

где k_n — процентное содержание n -го компонента в газовой смеси;
 λ_n — теплопроводность n -го компонента;
 m — число компонентов в газовой смеси.

Промышленный газоанализатор типа ГЭУК-21, предназначенный для непрерывного автоматического определения двуокиси углерода в продуктах сгорания был переградуирован по азотоводородным смесям в лабораторных условиях. Оценка возможности применения его в заводских условиях для анализа генераторного газа связана с выяснением влияния других компонентов на показания прибора. Естественно, в первую очередь нужно было выяснить влияние CO_2 , так как его содержание колеблется в значительных пределах от 4 до 8%.

Обозначим содержание водорода в процентах через H_2 , двуокиси углерода через CO_2 , все остальные компоненты N_2 . Соответственно их теплопроводности обозначим

λ_{H_2} ; λ_{CO_2} ; λ_{N_2} . Газ состава $\text{H}_2 + \text{N}_2 = 100\%$ имеет теплопроводность

$$\lambda_{\text{см}} = \frac{\lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + \lambda_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2}{100} \quad (1)$$

Газ состава $\text{H}_2 + \text{N}_2' + \text{CO}_2 = 100\%$

$$\lambda'_{\text{см}} = \frac{\lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + \lambda_{\text{N}_2'} \cdot \text{N}_2' + \lambda_{\text{CO}_2} \cdot \text{CO}_2}{100} \quad (2)$$

Вычитая из (1) (2), получим

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{см}} - \lambda'_{\text{см}} = \frac{\lambda_{\text{N}_2} (\text{N}_2 - \text{N}_2') - \lambda_{\text{CO}_2} \cdot \text{CO}_2}{100} = \frac{\lambda_{\text{N}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}}{100} \text{CO}_2 \quad (3)$$

Так как из первоначальных условий $\text{N}_2 - \text{N}_2' = \text{CO}_2$. К любой трехкомпонентной смеси (CO_2 , N_2' , H_2) заданной теплопроводности можно подобрать двухкомпонентную смесь (N_2'' , H_2'') с той же теплопроводностью при условии, что теплопроводность смеси находится между теплопроводностями компонентов, двухкомпонентной смеси

$$(\lambda_{\text{N}_2} < \lambda_{\text{см}} < \lambda_{\text{H}_2}),$$

$$\lambda'_{\text{см}} = \lambda_{\text{см}} + \Delta\lambda = \frac{\lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + \lambda_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2}{100} + \frac{\lambda_{\text{N}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}}{100} \text{CO}_2$$

можно приравнять

$$\lambda'_{\text{см}} = \frac{\lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2'' + \lambda_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2''}{100},$$

т. е.

$$\lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + \lambda_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2 + (\lambda_{\text{N}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}) \text{CO}_2 = \lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2'' + \lambda_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2'', \quad (4)$$

$$\text{N}_2'' + \text{H}_2'' = 100, \quad (5)$$

$$\text{N}_2 + \text{H}_2 = 100, \quad (6)$$

из (5) и (6) следует $\text{N}_2'' - \text{N}_2 = -(\text{H}_2'' - \text{H}_2)$

или

$$\Delta\text{N}_2 = -\Delta\text{H}_2. \quad (7)$$

Учитывая равенство (7), уравнение (4) примет вид

$$\lambda_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + \lambda_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2 + (\lambda_{\text{N}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}) \cdot \text{CO}_2 = \lambda_{\text{H}_2} (\text{H}_2 - \Delta\text{H}_2) + \lambda_{\text{N}_2} (\text{N}_2 + \Delta\text{H}_2),$$

или

$$\Delta\text{H}_2 = \frac{\lambda_{\text{N}_2} - \lambda_{\text{CO}_2}}{\lambda_{\text{N}_2} - \lambda_{\text{H}_2}} \cdot \text{CO}_2. \quad (8)$$

Разделим числитель и знаменатель равенства (8) на $\lambda_{\text{возд}}$, получим

$$\Delta\text{H}_2 = \frac{\frac{\lambda_{\text{N}_2}}{\lambda_{\text{возд}}} - \frac{\lambda_{\text{CO}_2}}{\lambda_{\text{возд}}}}{\frac{\lambda_{\text{N}_2}}{\lambda_{\text{возд}}} - \frac{\lambda_{\text{H}_2}}{\lambda_{\text{возд}}}} \cdot \text{CO}_2 \cong \frac{1 - 0,614}{1 - 7,130} \cdot \text{CO}_2 \cong -0,06 \text{ CO}_2.$$

Аналогичным путем для другого мешающего компонента — метана можно получить

$$\Delta H_2 = \frac{\frac{\lambda_{N_2}}{\lambda_{\text{возд}}} - \frac{\lambda_{\text{CH}_4}}{\lambda_{\text{возд}}}}{\frac{\lambda_{N_2}}{\lambda_{\text{возд}}} - \frac{\lambda_{H_2}}{\lambda_{\text{возд}}}} \cdot \text{CH}_4 \cong \frac{1 - 1,318}{1 - 7,130} \cdot \text{CH}_4 \cong 0,05 \text{ CH}_4.$$

Таким образом, присутствие двуокиси углерода в генераторном газе занижает показание прибора на 0,06% на каждый процент двуокиси углерода, а метан завышает на 0,05% на каждый процесс метана.

В показании прибора, проградуированного по азото-водородной смеси, была введена поправка на среднее содержание двуокиси углерода и метана, после чего провели ряд контрольных анализов. Результаты контрольных анализов приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п. п.	Показания электрического газоанализатора с поправкой	Содержание H ₂ по результатам анализа на ВТИ-2	Разность в показаниях
1	14,9	15,0	0,1
2	13,5	13,4	0,1
3	15,5	15,3	0,2
4	13,8	13,9	0,1
5	14,7	14,8	0,1

Из этой таблицы видно, что прибор достаточно точен.

Выводы

1. Показана возможность применения электрического газоанализатора для анализа водорода в генераторном газе с предварительным введением поправки на состав газа.

2. Изменение содержания двуокиси углерода и метана в генераторном газе в пределах 4—5% не вносит существенной ошибки в показании газоанализатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Тур и ч и н. Электрические измерения неэлектрических величин. Госэнергоиздат, 1959.