ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Том 267 1975

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ И ЕГО РЕАЛИЗУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

М. С. АЛЕЙНИКОВ, Е. П. КОЛЬЦОВ, В. И. ЛУКОВНИКОВ, С. А. ГРАЧЕВ,
К. Л. ПЕСТЕРЕВ, В. С. ТИТОВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры приборов и устройств систем автоматики)

Известны способы определения концентрации газа с использованием инфракрасного (ИК) излучения на основе негативной фильтрации с применением позитивной и негативной сенсибилизаций [1].

Использование в указанных способах сенсибилизации обоих типов приводит к усложнению устройств, реализующих эти способы, и к снижению их точности.

Описываемый способ свободен от этих недостатков. Он может быть реализован, например, с помощью блок-схемы, представленной на рис. 1.

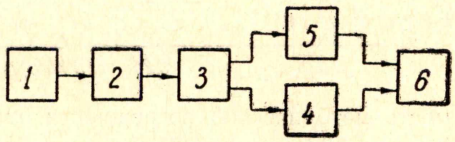

Рис. 1. Блок-схема газоанализатора.

Поток ИК-излучения от источника 1 пропускается через исследуемую среду в рабочей кювете 2, а далее разделяется на два равных потока делителем 3. Разделенные потоки проходят через кювету 4 с вакуумом (или с газом, не поглощающем в ИК-диапазоне) и через эталонную кювету 5 с предельной концентрацией определяемого газа. Измерение концентрации можно осуществлять с помощью логарифмирования частного от деления сигналов, пропорциональных мощностям инфракрасных потоков, прошедших кюветы, или с помощью логарифмирования разности этих сигналов.

Действительно, пропускание газовой смеси определяется выражением

$$T=\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\prod_{i=1}^{n} e^{-\beta_i(\lambda)W_i}\,\mathrm{d}\lambda. \qquad (1)$$

где $\beta_i(\lambda)$ — коэффициент поглощения ИК-радиации i-го газа;

W_i — осажденный слой i-го газа;

$\lambda_1 \div \lambda_2$ — спектральный интервал, в котором излучает ИК-источник.

Значит интенсивность ИК-излучения после прохождения рабочей кюветы с исследуемой средой и канала с вакуумной кюветой будет равна:

$$I_1 = 0{,}5\, I_0 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{-\beta_x(\lambda) W_x} e^{-\beta_2(\lambda) W_2} \ldots\ldots e^{-\beta_n(\lambda) W_n} \, d\lambda, \qquad (2)$$

а интенсивность ИК-излучения после прохождения канала с эталонной кюветой

$$I_2 = 0{,}5\, I_0 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{-\beta_x(\lambda)(W_{x0}+W_x)} e^{-\beta_2(\lambda) W_2} \ldots\ldots e^{-\beta_n(\lambda) \cdot \Sigma_n} d\lambda, \qquad (3)$$

где W_x — осажденный слой измеряемого газа, содержащийся в рабочей кювете с исследуемой средой;

W_{x0} — осажденный слой измеряемого газа предельной концентрации, содержащийся в эталонной кювете;

I_0 — интенсивность ИК-излучения источника.

Поскольку $W_{x0} \gg W_x$, то $e^{-\beta(\lambda)(W_{x0}+W_x)} = e^{-\beta(\lambda) W_{x0}}$
и тогда искомая концентрация W_x может быть найдена по соотношению

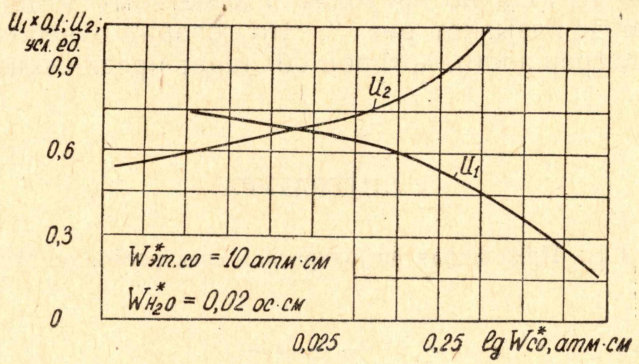

Рис. 2. Зависимость выходного сигнала от концентрации угарного газа.

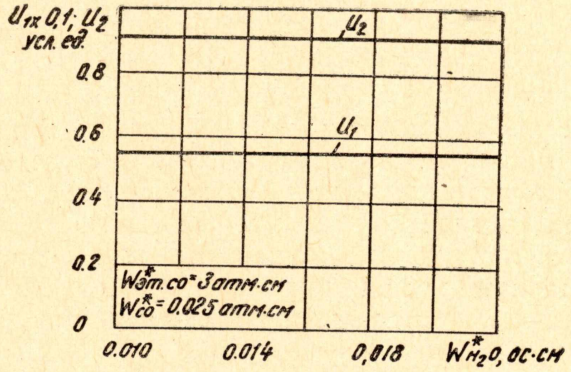

Рис. 3. Зависимость выходного сигнала от концентрации паров воды.

$$U_1 = \ln \left[\frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{-\beta_x(\lambda) W_x} e^{-\beta_2(\lambda) W_2} \ldots\ldots e^{-\beta_n(\lambda) W_n} \, d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{-\beta_x(\lambda) W_{x0}} e^{-\beta_2(\lambda) W_2} \ldots\ldots} \right], \qquad (4)$$

либо

$$U_2 = \ln \left[\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{-\beta_x(\lambda) W_x} \; e^{-\beta_2(\lambda) W_2} \ldots\ldots e^{-\beta_n(\lambda) W_n} \, d\lambda - \right. \qquad (5)$$

$$-\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{-\beta_x(\lambda)W_{x0}} e^{-\beta_2(\lambda)W_2} \cdot \ldots \cdot e^{-\beta_n(\lambda)W_n} \, d\lambda \Bigg].$$

Полученные выражения, несмотря на громоздкость, близки к линейным зависимостям между U_1; U_2 и W_x. Так, например, для одной длины волны ИК-излучения λ_0 выражение (4) сводится к виду

$$U_1 = \beta_x(\lambda_0)[W_{x0} - W_x]. \qquad (6)$$

Достаточно высокая линейность зависимостей видна также из рис. 2, где приведены расчетные кривые $U_1(\lg W^*_{CO})$ и $U_2(\lg W^*_{CO})$, полученные по формулам (4) и (5). Расчет произведен для случая, когда измеряемым является угарный газ (CO), а мешающим газом — пары воды H_2O. При этом в рабочей кювете давление $P = 1$ *атм,* а температура $T = 293°K$.

Интересно отметить, что изменение в широких пределах концентрации мешающего газа не приводит к заметному изменению выходного сигнала, как показывает рис. 3. Это говорит о небольшой величине методической погрешности, которой обладает предложенный способ ИК-газоанализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Кендалл. Прикладная инфракрасная спектроскопия. М., «Мир», 1970.