

## НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

**Ешматова Б И**

*к.т.н., доц*

**Норова Ф И**

*Старший преподаватель*

**Аннотация:** *Статья посвящена методу распознавания и измерения концентраций газов в промышленной среде с использованием газовых сенсоров и искусственных нейронных сетей. Метод позволяет учитывать влияние температуры и влажности на показания датчиков. Реализована двухэтапная модель: первая нейросеть определяет тип газа, вторая — его концентрацию. Метод протестирован на газах метан, изобутан и водород с применением сенсоров TGS.*

**Ключевые слова:** *газовый анализ, газовые сенсоры, искусственные нейронные сети, экологический мониторинг, концентрация газа, TGS 813, температурно-влажностная компенсация, распознавание газов, измерительные преобразователи, интеллектуальные системы контроля*

Измерение параметров промышленной среды представляет собой одну из приоритетных задач, непосредственно связанных с обеспечением экологической безопасности и охраной здоровья населения, а также с созданием безопасных условий труда. Загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу, способны быстро распространяться на значительные территории, что обуславливает необходимость организации непрерывного мониторинга газовых загрязнений в реальном времени.

Рост промышленного производства, сопровождающийся увеличением объемов вредных выбросов, требует внедрения эффективных технологических решений, направленных на снижение эмиссии загрязняющих веществ, а также ужесточения требований к системе контроля качества среды обитания человека. В связи с этим разрабатываются и внедряются нормативно-методические документы, регламентирующие оценку состояния окружающей среды и механизмы управления её качеством.

В этих системах распознавания газовых сред используются сенсоры газов. Метод реализован с использованием газовых сенсоров. [1]

Рассматриваемый метод базируется на применении на этапах измерения и обучения искусственных нейронных сетей (ИНС).

При калибровке измерительных преобразователей для определенного типа датчиков возмущающие факторы обычно задаются посредством характеристики при фиксированной концентрации газа:

$$\left(\frac{R_s}{R_0}\right)_i = f(t_i, RH_i)|_{\text{conc}} = \text{const}$$

$$i = 1, 2, \dots, p. \quad (1)$$

Если при практическом применении газовых сенсоров в качестве рабочей выбирается определенная базовая характеристика (наиболее часто  $\frac{20^\circ}{65\%RH}$ ), то это неминуемо приводит к погрешностям, вследствие изменений в окружающей среде.

При использовании ИНС для распознавания газа с целью учета влияния параметров окружающей среды на характеристики измерительных преобразователей, на этапе обучения нейронной сети предлагается использовать набор характеристик датчика в заданном диапазоне изменения температуры  $t$  и влажности используемой среды.

В процессе обучения нейронной сети каждая точка, представляющая собой наблюдение с координатами, соответствующими характеристикам газовых датчиков, классифицируется в одну из групп  $G_1, G_2, \dots, G_n$ , каждая из которых соответствует определённому типу газа  $q$  из набора распознаваемых газовых смесей.

На этапе контроля, после регистрации значений информативных параметров от каждого газового сенсора, первая нейронная сеть (ИНС1) осуществляет классификацию поступившего наблюдения, относя его к конкретной группе газов  $GR$ . Далее, используя функциональную зависимость вида  $(RS/R_0)_k = f(\text{Conc}_k, t, RH)$  для одного из сенсоров, требуется определить концентрацию соответствующего газа.

С этой целью предварительно проводится обучение второй нейронной сети (ИНС2), индивидуально для каждой группы газов  $GR$  при  $k = 1, 2, \dots, g$ . На этапе обучения используются заранее определённые зависимости (1). В качестве входных параметров для ИНС2 используются: отношение сопротивлений сенсора  $RS/R_0$ , температура  $t$  и относительная влажность  $RH$  газовой смеси. Выходной параметр — концентрация газа  $\text{Conc}_k$ . Для каждого типа газа создаются и обучаются отдельные нейронные модели.

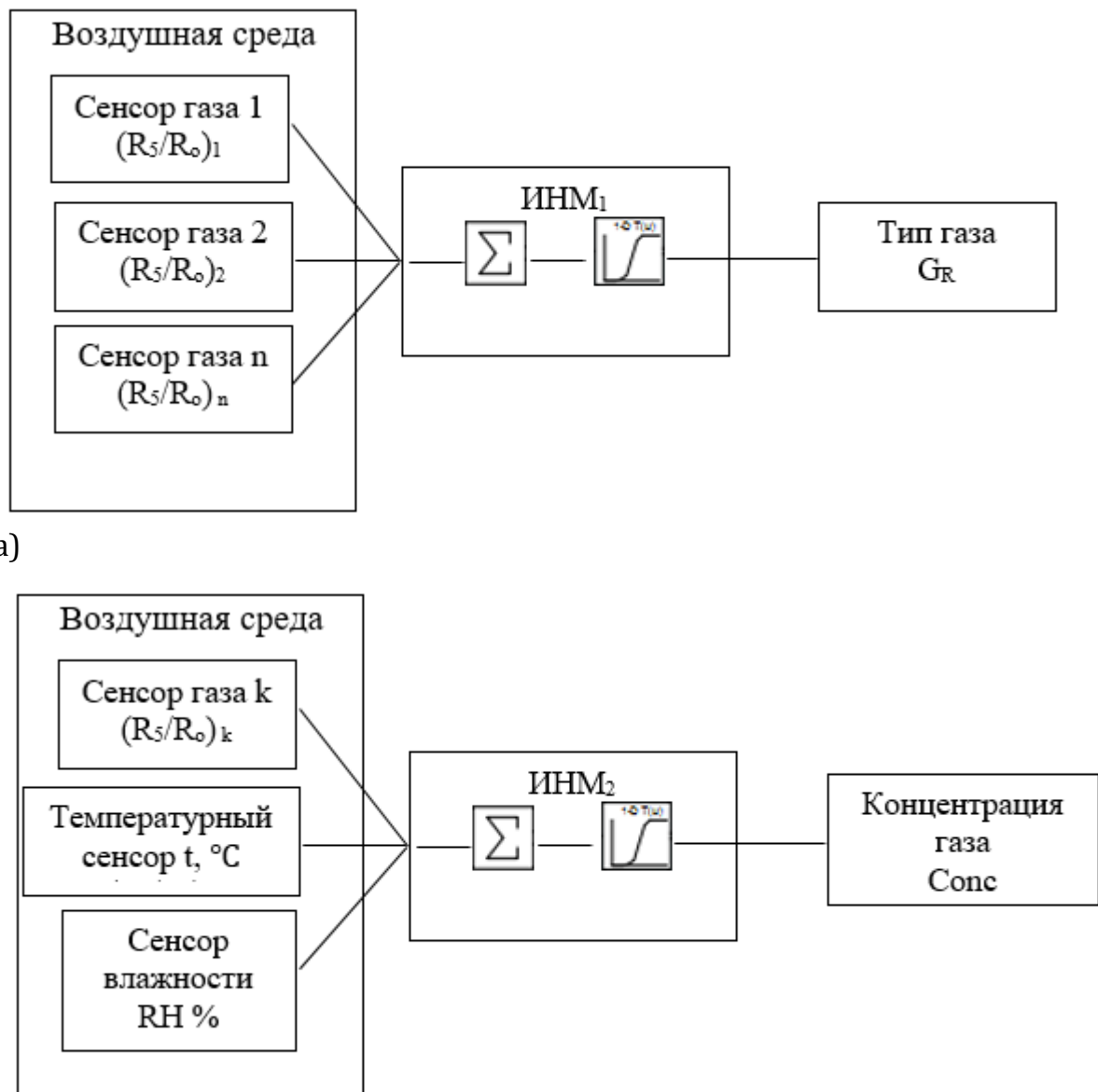
При обучении ИНМ<sub>2</sub> осуществляется аппроксимация характеристик преобразователя в виде зависимости:

$$\text{Conc}_k = f[(R_s/R_0)_k, t, RH, W, a, b], \quad (2)$$

где  $W, a, b$  — параметры нейронной сети

Кроме измерения параметра измерительного преобразователя необходимо контролировать температуру и влажность воздушной среды посредством соответствующего датчика. По полученным данным нейронная сеть ИНМ<sub>2</sub> (рис. 1), посредством обучения, измеряет и контролирует концентрацию анализируемого газа.

Обобщенная схема реализации метода показана на рисунке 1



а)

б)

Рис.1. Обобщенная схема реализации метода распознавания газа (а) и определения его концентрации (б).

Рассматриваемый метод реализован для распознавания газов: метана, изобутана и водорода с помощью газовых сенсоров типа TGS 813, TGS 2610 и TGS 2611 [2]. Характеристики (1) датчиков [2], связывают концентрации газовых смесей с изменением отношений сопротивлений сенсора ( $R_s/R_o$ ) при заданных значениях температуры и влажности:

Характеристика датчика  $(R_s/R_o)_i = f(\text{Conc}_i)$  в логарифмическом масштабе представляют собой линейные уравнения вида:

$$y = a_0 + a_1 x, \quad (5)$$

где

$$y = \lg(R_s / R_o), \quad x = \lg(\text{Conc}_i),$$

Коэффициент  $a_i$  этих характеристик постоянны и может быть определен из произвольной экспериментальной зависимости  $(R_s/R_o)_i = f(\text{Conc}_i)$  при  $t=\text{const}$  и  $RH=\text{const}$  [3].

Изменение температуры и относительной влажности приводит к изменению зависимостей  $(R_s/R_o)_i$ , при 1000 рт в условиях изменения температуры в пределах  $-10^\circ\text{C} \dots +40^\circ\text{C}$  и относительной влажности в диапазоне  $0 \dots 100\%$ .

Аналогичным образом получены семейства характеристик  $(R_s/R_o)_i = f(\text{Conc}_i)$  при различных температуре в диапазоне  $-10^\circ\text{C} \dots +40^\circ\text{C}$  и фиксированной влажности 0, 20, 40, 65, 100% RH. На рис. 2 представлены семейства характеристик  $(R_s/R_o)_i = f(\text{Conc}_i)$  сенсора TGS813, отражающие влияние температуры различных газовых смесей при  $RH=65\%$ .

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Мухамедханов У.Т., Ешматова Б.И., Рахимов С.И. Распознавание газов на основе искусственных нейронных сетей. “ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ” Сборник научных статей 6-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 2021, с. 165-167
2. FIGARO Engineering Inc. Products – Gas Sensors ([www.figaroco.jp/en/product/](http://www.figaroco.jp/en/product/))
3. Nenova, Z., G. Dimchev. Compensation of the impact of temperature and humidity on gas sensors. XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies – ICEST 2011, Serbia, Nis, June 29 – July 1, 2011. Proceedings of Papers, Vol. 2, p. 287-290.