

## РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЫТОВОГО СИГНАЛИЗАТОРА МЕТАНА (ПРИРОДНОГО ГАЗА)

**Насимов Абдулло Мурадович**

*доктор технических наук, профессор кафедры неорганической химии и материаловедения Самаркандского государственного университета.*

*г. Самарканд*

*ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru*

**Абдурахманов Илхом Эргашбоевич**

*доктор философии (DSc) по химическим наукам, преподаватель кафедры неорганической химии и материаловедения Самаркандского государственного университета. г. Самарканд.*

*ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru*

**Маматов Аслиддин Саитмуродович**

*Заместитель декана химического факультета Самаркандского государственного университета. г. Самарканд.*

*ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru*

**Холмурзаев Фаррух Фахриддинович**

*докторант, кафедры аналитической химии Самаркандского государственного университета. г. Самарканд.*

*fxolmurzayev@yandex.com*

**Исмаилов Эльдор Халилович**

*докторант, кафедры аналитической химии Самаркандского государственного университета. г. Самарканд.*

*ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru*

**Хайруллаев Ниятжон Фарходович**

*Аспирант, кафедры неорганической химии и материаловедения Самаркандского государственного университета. г. Самарканд.*

*ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru*

**Annotatsiya.** yopiq ekologik tizimlarda yonuvchi gazlarning sizib chiqishi va to'planishini aniqlash uchun signalizatsiya qurilmasi ishlab chiqilgan. signalga javob berish vaqti 20 soniyadan oshmaydi. signal uzatish moslamasining umumiy qo'shimcha xatosi  $\pm 2,1\%$  ni tashkil qiladi. o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan metan detektorini ushbu toifadagi qurilmalar uchun gost talablariga to'liq javob beradi

**Kalit so'zlar:** meten signalizatsiya qurilmasi, tabiiy gaz, termik katalitik sensor, portlovchi aralashmalar, yong'in xavfsizligi.

**Аннотация.** Разработан сигнализатор, предназначенный для обнаружения мест утечек и скоплений горючих газов в замкнутых экологических системах. Время срабатывания сигнализации составляет не более 20 с. Суммарная дополнительная погрешность сигнализатора  $\pm 2,1\%$ . Проведенные исследования показали, что разработанный сигнализатор метана вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа для данного класса приборов.

**Ключевые слова:** сигнализатор метана, природный газ, термокаталитический сенсор, взрывоопасные смеси, пожаробезопасность.

**Annotation.** An alarm system designed to detect leaks and accumulations of flammable gases in closed ecological systems has been developed. The alarm response time is no more than 20 seconds. The total additional error of the indicator is  $\pm 2.1\%$ . Research has shown that the developed methane detector fully meets the requirements of state standard for this class of devices.

**Keywords:** methane detector, natural gas, thermocatalytic sensor, explosive mixtures, fire safety.

Введение. Метан является одним из опасных компонентов воздуха бытовых и производственных помещений [1, 2; с.176-197]. Он создает с воздухом взрывоопасную смесь. Поэтому контроль концентрации метана в воздухе необходим [3].

Существующие сигнализаторы и пожарные извещатели не обеспечивают достаточно точного и оперативного контроля концентраций взрывоопасных компонентов воздуха (в частности, метана)[4; с.3103-3109,5.]. Учитывая выше изложенное, исследование, направленное на изучение и разработку путей повышения качества контроля метана в воздухе является актуальным.

К основным требованиям, предъявляемым к приборам контроля метана, относятся минимальные размеры, низкая потребляемая мощность и высокая надежность. В настоящее время для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности бытовых и производственных помещений применяются различные сигнализаторы, действие которых основано на фиксировании наличия дыма, повышение температуры, открытого пламени и т.д.[6, 7; с.44-49]. Для них характерен один недостаток – такие датчики «ждут» когда опасные факторы пожара достигнут самого извещателя. Поэтому важной задачей становится предупреждение опасной ситуации путем контролирования химического состава воздуха и своевременное предупреждение персонала об опасности.

Нами разработан сигнализатор газа, который благодаря применению селективного термокаталитического сенсора лишен перечисленных выше недостатков [8].

Методика эксперимента

Разработанный сигнализатор предназначен для автоматического непрерывного контроля содержания метана. Прибор обеспечивают звуковую и световую сигнализацию при достижении установленных

пределных значений концентрации контролируемого компонента. Прибор предназначен для работы в производственных и бытовых помещениях. Проверка и настройка сигнализатора осуществляется с помощью поверочных газовых смесей. Чувствительные элементы сигнализаторов имеют защиту, которая исключает прямой доступ жидкости и пыли к сенсорам. Подстройка нулевых показаний, чувствительности и пороговых значений срабатывания сигнализации осуществляется с помощью поверочных газовых смесей.

Результаты и их обсуждение

Результаты зависимости сигнала сигнализатора от концентрации при заданных значениях последнего приведена в таблице 1.

Таблица 1

*Зависимость сигнала датчика от концентрации метана в смеси (диапазон измерения 0-5,0 % об. n=5, P=0,95)*

№ п/п	Концентрации метана в смеси % об..	Показания прибора в, % об.	Концентрация при которой срабатывает сигнализатор, (x±Δx), % об.	Погрешности сигнализации	
				основной абсолютной,	основной приведенной
1	0,50	0,50	0,53±0,01	0,03	0,6
2	1,00	1,00	0,95±0,01	0,05	1,0
3	2,00	2,00	2,08±0,02	0,08	1,6
4	2,50	2,50	2,45±0,03	0,05	1,0

Граница основной приведенной погрешности измерения метана в воздухе при заданных значениях концентрации (объемной доли): 0,5 %; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 % составляет не более 10 %. Время срабатывания сигнализации на каждом установленной точке (при скачкообразном изменении содержания метана от 0 до 2,5) составляет не более 20 с.

Проверку дополнительной погрешности термокаталитического сенсора метана (ТКС-СН<sub>4</sub>), обусловленной изменением температуры окружающей среды, осуществляли в диапазоне температур 0 - 60 °С. Эксперименты проводили при атмосферном давлении 680±40 мм рт. ст. с использованием газовой смеси с содержанием метана, % об.: 0,50 и 2,50. Последовательность установления температуры в камере +20 °С (нормальная температура, установленная при определении основной погрешности) 0; +30; +50°С. Число параллельных опытов при каждой температуре не менее пяти раз. Результаты изучения влияния температуры окружающей среды на срабатывание сигнализатора метана приведены в таблице 2.

Таблица 2

*Результаты изучения влияния температуры на эффективность работы сигнализатора (n=5, P=0,95).*

№ п/п	Тем-ра окруж. среды	Сигнал, мВ				Дополнительная погрешность	
		Ссн <sub>4</sub> =0,50 % об.		Ссн <sub>4</sub> =2,50 % об.			
		x ± Δx	Осн. абсол. погр-ность	x ± Δx	Осн.абсол. погр-ность	Ссн <sub>4</sub> =0,5 % об.	Ссн <sub>4</sub> =2,5 % об.

1	+20	0,48±0,02	0,02	2,55±0,08	0,05	-	-
2	0	0,53±0,01	0,03	2,60±0,07	0,10	0,01	0,05
3	+30	0,47±0,01	0,03	2,41±0,09	0,09	0,01	0,04
4	+60	0,54±0,02	0,04	2,56±0,06	0,06	0,02	0,01

Влияние температуры газовой среды на дополнительную погрешность сенсора (%) для каждой точки определяли по формуле:

$$\gamma_{\text{доп}} = \gamma_t + \gamma_{\text{нор}} \quad (1),$$

где  $\gamma_t$  - погрешность, полученная при  $i$ -м значении температуры;  $\gamma_{\text{нор}}$  - погрешность газоанализатора при нормальных условиях температуры ( $20 \pm 2$  °C).

Результаты определения дополнительной погрешности сигнализатора, обусловленной изменением температуры окружающей среды ( $0 - 60$  °C) представлены в таблице 2, из которых следует, что она в интервале температур  $0 - 60$  °C не превышает 4 % и меньше чем основная погрешность самого прибора. Влияние атмосферного давления на дополнительную погрешность сигнализатора проводились в интервале 600-800 мм рт. ст на примере анализа газовой смеси с содержанием метана % об.: 1,00 и 2,50. Эксперименты осуществлялись в следующей последовательности: после внешнего осмотра газоанализатора включали в схему и приводили к нормальным условиям испытания ( $t_{\text{окр.ср}} = 20 \pm 2,0$  °C; давления  $740 \pm 30$  мм рт. ст.). После начальной стабилизации определяли основную погрешность при нормальных условиях испытаний. Дальнейшая последовательность установления давления в камере, мм рт. ст: 600; 700 и 800. Результаты эксперимента по определению влияния давления в диапазоне 600-800 мм.рт.ст. на дополнительную погрешность прибора приведены в таблице 3.

Таблица 3.

*Дополнительная погрешность сигнализатора от изменения давления окружающей среды (температура 20 °C, n=5, P=0,95)*

№ п/п	Давление в испытательной камере	Сигнал сенсора, мВ				Дополнительная погрешность	
		Cсн4=1,00 % об.		Cсн4=2,50 % об.		Cсн4=1,0 % об.	Cсн4=2,5 % об.
		$x \pm \Delta x$	Осн. абсол. погр-ность	$x \pm \Delta x$	Осн. абсол. погр-ность		
1	760±10	1,04±0,02	0,04	2,53±0,05	0,03	-	-
2	600±10	1,05±0,03	0,05	2,56±0,04	0,06	0,01	0,03
3	700±10	1,07±0,02	0,07	2,55±0,08	0,05	0,03	0,02
4	800±10	1,03±0,04	0,03	2,56±0,05	0,06	0,01	0,03

Как следует из приведенных данных, в изученном интервале изменения давления (600 и 800 мм рт.), работа сигнализатора сохраняет свою стабильность. Значения дополнительной погрешности анализатора за счет изменения давления окружающей среды, определенной по формуле (1), не более 0,03 %.

В экспериментах погрешность сигнализатора, за счет изменения влагосодержания газовой среды определяли как разницу сигналов увлажнённой и неувлажнённой смеси анализируемого газа при температуре  $20 \pm 2$  °С, содержание метана в смеси 0,5 и 2,5 % об. Испытания по изучению влияния влажности проводили в камере влажности при условиях, приведенных к нормальным. После начальной стабилизации определяли изменение значений выходного сигнала датчика для газовой смеси с содержанием метана 0,5 и 2,5 % об  $\text{CH}_4$ . Через час определяли погрешность, подавая на вход сигнализатора смесь с содержанием метана 0,5 и 2,5 % об  $\text{CH}_4$ , увлажненную до 95 %. Результаты установления дополнительной погрешности сигнализатора  $\text{CH}_4$  за счет влажности газовой среды представлены в таблице 4. Из данных таблицы 4 видно, что значение дополнительной погрешности за счет влажности газовой среды не превышает 10 % и намного меньше, установленного ГОСТом.

Таблица 4.

*Результаты по установлению дополнительной погрешности сигнализатора метана от изменения влагосодержания анализируемой газовой смеси (температура  $20 \pm 2$  °С;  $n=5$ ,  $P=0,95$ )*

№ п/п	Содержание метана в смеси, % об.	Сигнал сенсора, мВ				Дополнительная погрешность
		Сухая газовая смесь		Увлажненная смесь		
		$x \pm \Delta x$	Осн. абсол. погрешность	$x \pm \Delta x$	Осн. абсол. погрешность	
1	1,00	$1,06 \pm 0,02$	0,06	$1,04 \pm 0,03$	0,04	0,02
2	2,50	$2,57 \pm 0,05$	0,07	$2,59 \pm 0,04$	0,09	0,02

Согласно ГОСТу 13320-81 предельно допустимые значения суммарной дополнительной погрешности не должны превышать удвоенного значения предела допустимой основной погрешности. Суммарная дополнительная погрешность термокаталитического сигнализатора составляла  $\pm 2,1$  %. Проведенные исследования показали, что разработанный нами термокаталитический сигнализатор метана (Рис.1) вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа для данного класса приборов.



Рис.1. Внешний вид сигнализатора метана

Работой анализаторов управляют при помощи двух кнопок - рабочей КР и поверочной КП. Кнопка КР служит для включения анализатора. Кнопка КП используется при настройке и градуировке анализаторов. В рабочем режиме производится измерение концентрации метана, звуковой или цветовой индикации в необходимых точках. В режиме градуировки производится корректировка нулевых показаний, градуировка записи пороговых значений срабатывания сигнализации и вывод на индикатор предела индикации. Питание анализатора осуществляется от искробезопасного блока питания, содержащего малогабаритные аккумуляторы. Опытные образцы разработанного анализатора успешно прошли лабораторные испытания.

#### Выводы

Разработанный сигнализатор предназначен для обнаружения мест утечек и непрерывного автоматического контроля скоплений горючих газов (природного газа, пропан-бутановой смеси) в замкнутых экологических системах (кухнях, жилых домах, коттеджах, гаражах, салонах автомобилей, подвальных помещениях, коммуникационных колодцах) и помещениях котельных различной мощности, работающих на сжиженном или природном газе. Сигнализатор можно использовать также в различных отраслях промышленности, производственных, административных помещениях, подземных сооружениях, газифицированных автомобилях и складских помещениях топлива, для контроля загазованности и обеспечения пожаро-взрывобезопасности при использовании природного газа.

#### Список литературы

1. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 N 3388.
2. Голинько В.И., Котляров А.К., Белоножко В.В. Контроль взрывоопасности горных выработок шахт. Донецк: Наука и образование, 2004. – 207 с.
3. [Метан. XuMuK.ru - Метан - Большая Советская Энциклопедия//https://xumuk.ru/bse/1639.html](https://xumuk.ru/bse/1639.html).
4. Liu D., Fu S.N., Tang M., Shum P., Liu D.M. Comb filter-based fiber-optic methane sensor system with mitigation of cross gas sensitivity//J. Lightwave Technol, 30, 2012. p. 3103–3109.
5. Сигнализатор загазованности в котельной //https://www.seitron.ru/ novosti/ Дата обращения: 16.05. 2020.
6. Поляков Ю.А., Иванов А.Е., Кабанов Д.Г. Разработка сенсоров и автоматического сигнализатора контроля до взрывоопасной концентрации метана // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 4 (32) 2010. С.44-49. Дата обращения: 16.05.2020.
7. Эшкobilова М. Э. Разработка химических сенсоров для мониторинга метана//Автореф. .... дисс. доктора философии (PhD) по химическим наукам. – Самарканд, 2019. - 23 с.