

НОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ

УДК 796.015.59

ДЕТЕКТОР УГАРНОГО ГАЗА С МНОГОКАНАЛЬНЫМ РЕЖИМОМ ОПОВЕЩЕНИЯ

© 2022 г. П. С. Мартьянов*

*Научно технологический центр уникального приборостроения РАН,
ул. Бутлерова, 15, Москва, 117342 Российская Федерация*

**E-mail: La3232@mail.ru*

Поступила в редакцию 25.01.2022 г.

После доработки 25.01.2022 г.

Принята к публикации 08.02.2022 г.

Представлено описание устройства, которое регистрирует концентрацию угарного газа в воздухе в бытовых помещениях. Отмечено преимущество перед оптическими методами измерения. Особенностью данного устройства является возможность работы в удаленном режиме, при котором дистанционно получается информация о концентрации угарного газа. Эта особенность особенно актуальна для быстрого предупреждения людей, которые могут быть подвергнуты воздействию опасного вещества.

DOI: 10.31857/S0033849422080113

ВВЕДЕНИЕ

Выявление угарного газа (монооксида углерода, СО) на сегодняшний день остается важной задачей. Случаи утечки могут возникать при отоплении помещения печью, на опасных производствах, при горении угля или дерева, также выхлопе автомобиля и др. При попадании в дыхательные пути молекулы СО связываются с молекулами гемоглобина в крови. В результате чего образуется карбоксигемоглобин, который препятствует транспортировке кислорода по кровеносной системе, таким образом, блокируются клеточное дыхание [1, 2]. У человека появляется головокружение, головная боль, тошнота, одышка, удушье, потеря сознания, кома. Угарный газ не обладает цветом и запахом и его очень сложно определить без специализированных устройств, следовательно, наблюдение за его концентрацией является важной задачей в промышленности и бытовых условиях.

Концентрация СО в воздухе измеряется в процентах, мг/м³ и ppm. Допустимая концентрации угарного газа составляет до 50 ppm (однако в разных литературных источниках этот показатель может незначительно отличаться), это максимальная концентрация, которую можно сравнительно безопасно переносить, находясь около источника в течение 8 ч. Человек при этом может испытывать легкую головную боль [2], более высокие содержания могут быть опасны для здоровья.

Цель данной работы – создать устройство для определения концентрации угарного газа с учетом допустимой концентрации, времени воздей-

ствия и возможностью многоканального оповещения.

1. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ УГАРНОГО ГАЗА

В большинстве случаев для определения монооксида углерода используются оптические методы и регистрация с помощью датчиков.

Оптический метод предполагает использование инфракрасных фурье-спектрометров, которые состоят из излучателя, приемника, интерферометра Майкельсона и электроники, обрабатывающей полученные данные [3]. Данный метод отличается высокой точностью обнаружения вещества, однако он обладает следующими существенными недостатками.

1. Для работы с оптическими спектрометрами нужен определенный навык, поэтому данный метод не подходит для неопытных пользователей.

2. Оптические устройства имеют большие габариты, что затрудняет использование этого метода в бытовых условиях.

3. Стоимость фурье-спектрометров довольно высока.

Определения газа с помощью датчиков, подразумевает использование специализированных детекторов СО. Данные устройства многофункциональны и обычно содержат звуковое, световое оповещение, жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и другие встроенные системы. Функционирование датчиков, основано на физико-хими-

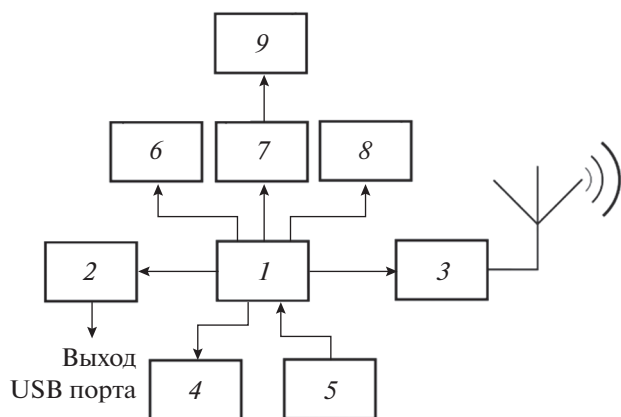


Рис. 1. Структурная схема многофункционального детектора СО: 1 – микроконтроллер, 2 – преобразователь интерфейсов USB/UART, 3 – GSM-модуль с антенной, 4 – жидкокристаллический индикатор, 5 – датчик угарного газа, 6 – светодиод, 7 – блок генерации низкочастотных пульсаций, 8 – звуковой динамик, 9 – виброманжета.

ческих процессах, которые возникают при контакте газа с чувствительным элементом. Датчики СО могут быть трех видов: инфракрасные, полупроводниковые и электрохимические. В большинстве случаев такие датчики состоят из основания (корпуса), подложки, чувствительного элемента, подводящего провода.

2. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА

На сегодняшний день на рынке радиоэлектронных устройств мониторинга окружающей среды представлены различные модели детекторов угарного газа. Проведенные исследования моделей марки МЕГЕОН 08005, Vradex, Кенарь GD100-CN, Даджет МТ-8056, а также их аналогов показали, что основными недостатками являются: отсутствие возможности дополнительного оповещения о концентрации монооксида углерода через GSM-канал, отсутствие подключения к персональному компьютеру (ПК), а также других способов предупреждения об опасности.

В предлагаемом нами устройстве обнаружения угарного газа были предложены оригинальные конструктивные решения, которые не встречаются в упомянутых выше приборах. Данные решения подразумевают использование радиоканала стандарта GSM для возможности удаленного оповещения пользователя. Этот процесс осуществляется путем отправления СМС-сообщений с устройства на мобильный телефон абонента. Оповещение через радиоканал может использоваться, к примеру, на опасных производствах для своевременного предупреждения диспетчера. Кроме того, в предлагаемом детекторе предусмотрено подключение через USB-порт для возможности связи с ПК

через кабель для дополнительного оповещения. В устройстве имеется также блок генерации низкочастотных пульсаций, который в свою очередь соединен с виброманжетой для тактильного предупреждения о превышении уровня СО. Данное новшество может использоваться для людей с ограниченными возможностями.

В отличие от ранее разработанного в НТЦ УП РАН детектора СО, новое устройство имеет следующие конструктивные особенности:

- 1) GSM-модуль интегрирован в состав печатной платы и расположен внутри корпуса устройства;
- 2) используется более мощный по производительности, обработки информации и количеству интерфейсов микроконтроллер (МК), что позволило использовать больше периферии;
- 3) управляющая программа для МК является более функциональной, что позволяет экономить энергопотребление прибора.

Для реализации предложенной идеи была разработана структурная схема устройства (рис. 1).

Был проведен анализ существующей элементной базы, в результате которого в качестве элемента управления выбран восьмиразрядный МК семейства AVR, модели ATmega 2560 (1), который имеет достаточное количество интерфейсов для подключения вспомогательных элементов. Аналоговый сигнал с датчика СО модели MQ-07 (5) поступает на вход МК, где после соответствующей обработки пересылает обработанные цифровые данные на преобразователь USB/UART (2), также данные передаются на жидкокристаллического индикатора (4) и GSM-модуль модели SIM 800 (3), который позволяет осуществлять прием и передачу информации в сети мобильной связи стандарта GSM 900/1800/1900 МГц. Для оповещения о превышении допустимой концентрации газа использовался светодиод и звуковой динамик, которые были подключены к свободным цифровым выводам МК. Также МК был подключен к блоку генерации низкочастотных импульсов (7), который передавал синтезируемый сигнал на виброманжету (9) в случае превышения предельного уровня газа. Данную виброманжету надевали на запястье пользователя для передачи низкочастотных колебаний. Это усовершенствование предназначено для людей с нарушением слуха. Сигнал о превышении допустимого уровня монооксида углерода возникал при достижении концентрации 200 ppm.

Внешний вид используемого модуля представлен на рис. 2.

Для реализации предложенного алгоритма работы устройства была написана программа на языке программирования Си и Си++. Данная программа загружалась в энергонезависимую память МК, что позволяло ее обновлять в том случае, если нужно было внести изменения в сам код [5].



Рис. 2. Фотография GSM модуля SIM 800L.

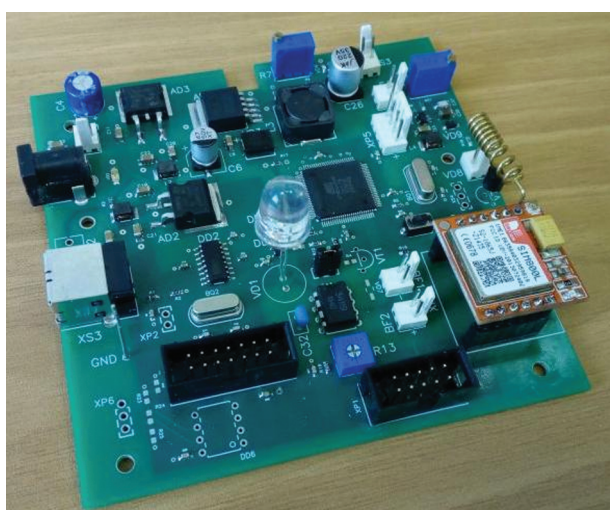


Рис. 4. Фотография печатного узла детектора СО.

Управляющая программа реализует алгоритм дистанционного оповещения, принцип которого заключается в следующем. Для того чтобы получить информацию о концентрации СО, пользователь делает набор на телефонный номер СИМ-карты, которая расположена в детекторе, далее GSM-модуль принимает вызов, фиксирует номер, сбрасывает звонок и отправляет СМС с информацией на мобильный телефон абонента. Достоинство предложенного алгоритма в том, что нет конкретной привязки к телефонному номеру абонента, т.е. любой пользователь, зная номер СИМ-карты в детекторе, может узнать информацию. Схема алгоритма оповещения представлена на рис. 3.

Для того чтобы найти параметры электрорадиоэлементов было произведено моделирование отдельных аналоговых узлов, затем спроектирована печатная плата. Внешний вид печатного узла показан на рис. 4.

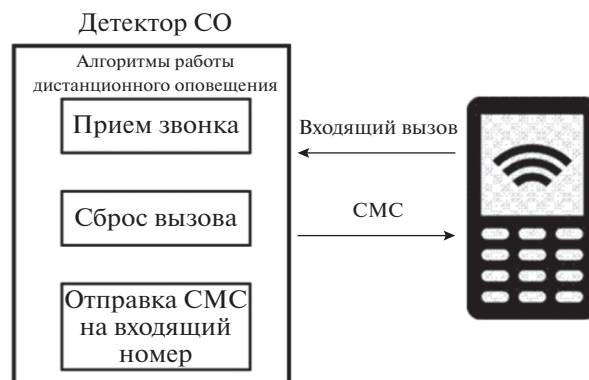


Рис. 3. Схема алгоритма оповещения в дистанционном режиме.



Рис. 5. Фотография макета.

На рис. 5 представлен внешний вид многофункционального детектора, разработанного в НТЦ УП РАН.

Основные технические характеристики разработанного макета устройства следующие:

Напряжение питания +7...+9 В.

Ток потребления до 400 мА, с подключенным сотовым модулем до 2 А.

Стандарт мобильной сети – GSM с поддержкой трех диапазонов: 900/1800/1900 МГц.

Диапазон чувствительности 0...10000 ppm.

Диапазон рабочих температур устройства –20...+50°С

Габариты корпуса макета (длина × ширина × высота) 100 × 120 × 30 мм.

Таблица 1. Сравнение результатов эксперимента

№ измерения	Показания, ppm	
	разработанный детектор	детектор СМА-04 Espada
1	250	255
2	249	251
3	252	250
4	255	253
5	260	255
6	258	263
7	260	261
8	261	264
9	261	264
10	263	264
Среднее и отклонение	257.2 ± 5.05	258 ± 5.7

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Был проведен пробный эксперимент по сравнению показаний концентрации угарного газа, полученных с помощью разработанного устройства и стандартного детектора СМА-04 Espada. Измерения проводились в закрытом боксе, источником СО был выхлоп работающего двигателя автомобиля. Регистрация показаний наблюдалась на индикаторах устройств. Детекторы производили измерения одновременно с интервалом 30 с. Было проведено 10 измерений, результаты представлены в табл. 1.

Для сравнения показаний использовался t -критерий Стьюдента. Данный критерий вычисляется по приведенной ниже формуле:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{q_1^2 + q_2^2}} \sqrt{n} = 0.33, \quad (1)$$

где M_1 и M_2 – средние арифметические показания разработанного и стандартного детектора соответственно. q_1, q_2 – средние квадратичные отклонения, n – количество измерений.

Число степеней свободы выбиралось по формуле

$$V = 2n - 2 = 18. \quad (2)$$

Уровень значимости выбираем $\alpha = 0.01$. Для значений $\alpha = 0.01$ и $V=18$ из таблицы распределения Стьюдента выписываем критическое значение $T_{\text{крит}} = 2.85$. Так как значение t меньше значения $T_{\text{крит}}$, то наблюдаемые отличия не являются существенными по приведенному критерию [6]. Следовательно, показания концентрации угарного газа разработанного детектора сравнимы с показаниями стандартного (заводской модели).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы можно выделить основные достоинства разработанного устройства детектора угарного газа.

1. Показана возможность реализации устройства мониторинга мнookсида углерода, который может работать в нескольких режимах одновременно дистанционное оповещение, вывод показаний на ЖКИ, тактильное предупреждение, получение результатов на ПК, что может быть использовано в научных и практических целях.

2. По результатам проведенных экспериментов сделан вывод о достоверности показания концентрации угарного газа.

3. Предложен оригинальный алгоритм дистанционного оповещения в процессе работы, в результате чего существенно экономится энергопотребление.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидельникова А.В., Сысуев Е.Б., Князев В.С. // Успехи современного естествознания. 2013. № 9. С. 101.
2. Зобнин Ю.В. // Альманах сестринского дела. 2010. Т. 3. № 2–4. С. 10.
3. Padgett M.J., Harvey A.R. // Review of Scientific Instruments. 1995. V. 66. № 4. P. 2807.
4. Kramer H.J. Observation of the Earth and Its Environments: Survey of Missions and Sensor. Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. P. 1233.
5. Мартьянов П.С. // РЭ. 2018. Т. 63. № 11. С. 1197.
6. Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариев О.С. Статистические методы анализа. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015, С. 300.