

УДК 378.147: 004.6

ПОРТАТИВНЫЙ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР, СОВМЕСТИМЫЙ СО СМАРТФОНОМ НА ОС ANDROID

© 2020 г. Н. В. Ермолаева^{1,*}, В. И. Ратушный^{1,**}, Д. А. Севастьянов^{1,***}

¹ Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ, Волгодонск, 347360, Россия

*e-mail: NVErmolayeva@mephi.ru

**e-mail: viratush@mail.ru

***e-mail: dima.nuclear@gmail.com

Поступила в редакцию 31.10.2020 г.

После доработки 31.10.2020 г.

Принята к публикации 24.11.2020 г.

В настоящей работе представлен физический прототип универсального устройства – газоанализатора для измерения концентрации нескольких газов (метан, пропан, бутан, угарный газ, водород), который может работать в режиме онлайн. Также разработано программное обеспечение (ПО) для смартфона с ОС Android с целью выполнения функции визуализации и менеджмента данных, получаемых от газоанализатора. Смартфон используется для отображения информации, управления режимами вывода информации на экран, определения местоположения пользователя газоанализатора, пересылки оперативной информации на удаленный сервер. В данный момент мы имеем возможность визуально наблюдать изменения концентрации регистрируемых газов, просматривать на картах места проведения замеров и управлять программой в удобном интерфейсе. Предлагаемый прототип имеет компактные элементы управления, встроенный источник питания, что облегчает работу устройства. Центральной вычислительной частью прибора является микроконтроллер ATmega 328P. Выбор микроконтроллера обусловлен его доступностью, универсальностью, возможностью перепрограммирования выходов. В конструкции устройства предусматривается разъем для облегченного перепрограммирования. Измерительный функционал устройства определяется набором датчиков, подключенных к микроконтроллеру, и не зависит от модели смартфона. Каждый датчик можно заменять благодаря принципу модульности. Предлагаемое устройство компактное, прочное, удобное в эксплуатации, имеет эргономичную конструкцию, осуществляет замеры в режиме реального времени, имеет различные возможности мониторинга, может применяться в промышленных и бытовых целях для контроля опасных факторов непосредственно в самом месте нахождения человека.

Ключевые слова: портативный газоанализатор, смартфон, микроконтроллер, обнаружение и контроль газов, метан, пропан, угарный газ, водород

DOI: 10.1134/S23044487X2005003X

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для определения качественного и количественного состава загрязняющих веществ в рабочей зоне или любом другом помещении, где есть опасные факторы утечки вредных веществ и газов, используют большое количество различных видов газоанализаторов. Большинство этих устройств работает исключительно в режиме оффлайн [1]. В случае выполнения работ на потенциально опасных территориях или в помещениях, для контроля опасных факторов непосредственно в самом месте нахождения человека, целесообразно применять приборы, способные работать в режиме онлайн. В этом случае будет повышена безопасность объекта, на котором проводятся измерения концентрации га-

зов. Статистические исследования показывают, что довольно большое количество аварий, связанных с отравлением газами либо с детонацией газов, обусловлено человеческим фактором. Если человек, который проводит замеры концентрации опасных газов, будет пользоваться предлагаемым нами онлайн-устройством, то в случае нештатной ситуации оповещение об угрозе будет видеть не только он, но и работники подразделения наблюдения. При нештатной ситуации, когда работник, регистрирующий опасные газы, потеряет сознание при отравлении либо контузии от детонации, штаб наблюдения оперативно получит информацию о местонахождении пострадавшего, а также последние точные данные о загрязнении.

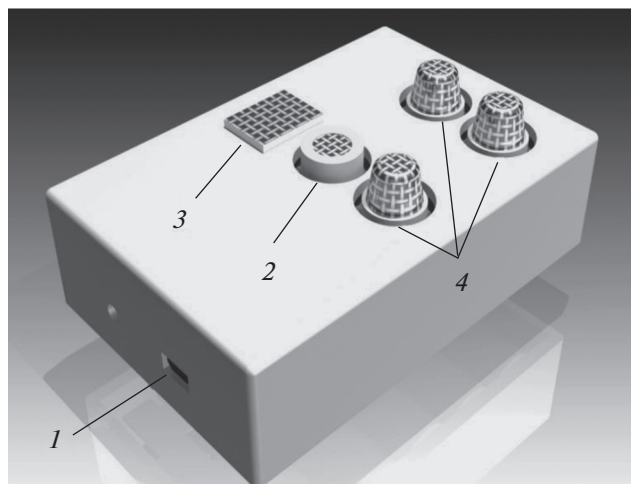


Рис. 1. 3D модель корпуса нового прототипа: 1 – разъем питания, 2 – датчик MQ-4, 3 – датчик влажности и температуры DHT-22, 4 – датчики MQ-6, MQ-7, MQ-8.

Целью настоящей работы является модернизация физического прототипа устройства – газоанализатора для измерения концентрации нескольких газов, который может работать в режиме онлайн с помощью смартфона с ОС Android. Представленная тема является актуальной, так как задача создания данного комплекса имеет практическое применение в промышленных и бытовых целях.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

Ранее нами уже был создан прототип данного устройства, но в процессе его тестирования мы выяснили, что его функционала недостаточно [2–4]. В настоящий момент разрабатывается прототип, который имеет более компактные элементы управления, а также имеет встроенный источник питания, что облегчает работу с устройством. Также проведена модернизация программного обеспечения устройства.

Предлагаемый прибор позволяет производить замеры концентрации сразу же нескольких газов: метан/пропан, бутан, водород и угарный газ. Данные с устройства поступают на смартфон, на котором возможна расшифровка данных с последующей визуализацией и загрузкой на сервер. Прибор сигнализирует о превышении ПДК контролируемого газа и посылает сигналы на главный сервер через смартфон.

Эта модификация позволила существенно расширить функционал устройства. Получена возможность визуально наблюдать изменения концентрации регистрируемых газов, просматри-

вать на картах места проведения замеров и управлять программой в удобном интерфейсе.

Центральной вычислительной частью прибора является микроконтроллер ATmega 328P. Выбор микроконтроллера обусловлен его доступностью, универсальностью, достаточно высоким быстродействием, возможностью перепрограммирования выходов. К микроконтроллеру подключен набор газовых датчиков серии MQ (MQ4, MQ6, MQ7, MQ8) и датчик температуры и влажности DHT-22. Все газовые датчики работают одновременно в режиме диффузионного отбора пробы газа, что обеспечивает более экономичный расход энергии источника питания прибора [3, 5]. Каждый из датчиков можно заменять благодаря принципу модульности.

Связь микроконтроллера со смартфоном осуществляется по беспроводному каналу Bluetooth через модуль связи HC-06. При этом на смартфоне должна быть установлена программа Bluetooth terminal.

Практически все газоанализаторы требуют высокой степени защиты, поэтому к внешней оболочке следует предъявлять серьезные требования. Она должна быть герметичной, защищенной от воздействия атмосферы, влаги и пыли. На рис. 1 представлена 3D-модель корпуса проектируемого прибора. 3D-модель разработана в САПР Autodesk Inventor. Корпус предназначен для размещения в нем микроконтроллера ATmega 328P с подключенными датчиками измеряемых величин, модуля связи HC-06 и четырех аккумуляторных батарей типа 18650(168A). В корпусе прибора также предусмотрены разъем питания для подзарядки аккумуляторов и разъем для облегченного перепрограммирования микроконтроллера. Размеры корпуса – 100 × 150 × 30 мм.

Режим работы датчиков выбирается пользователем с помощью диалогового окна на смартфоне. Скриншот меню выбора датчиков представлен на рис. 2.

Важной особенностью предлагаемого устройства является возможность настраивать и программировать пороги срабатывания устройства, а также наличие памяти для записи результатов, времени и даты замеров.

Программное обеспечение (ПО) разрабатывается с помощью фреймворка Android Studio на языке программирования Java. ПО для смартфона не является кроссплатформенным, и работает исключительно в ОС семейства Android начиная с седьмой версии. Библиотека для сопряжения смартфона и прототипа используется сторонняя – Bluetooth SPP. Библиотека визуализации в виде графика также используется сторонняя – Apy-chart. В исходном прототипе программа была в одностороннем виде, но в данный момент программа переписана с использованием фрагмен-

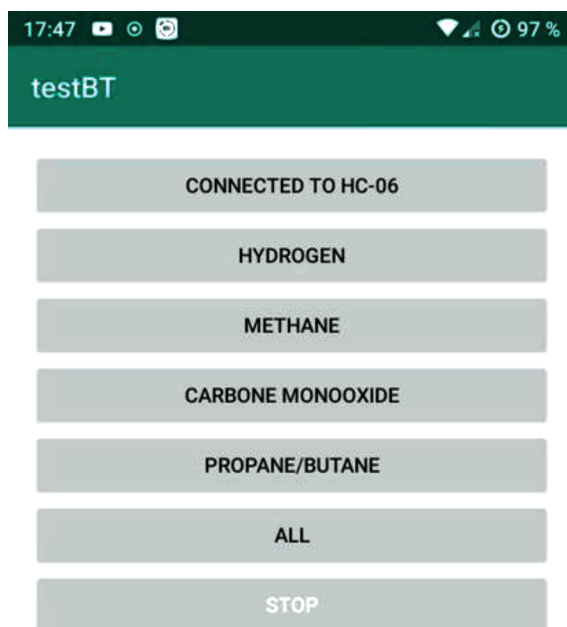


Рис. 2. Скриншот меню выбора датчиков.

тов, что соответствует современным стандартам программирования.

Для управления режимами вывода информации на экран смартфона разработано специальное меню, включающее следующие пункты: "Главное меню", "Карта", "График концентрации газов".

Главное меню предназначено для настройки сопряжения с устройством по каналу Bluetooth, выгрузки данных в файл или настройки подключения к серверу.

На карте указываются координаты мест проведения замеров. Карты работают на базе картографического сервиса Google Maps API.

При выборе пункта "График концентрации газов" пользователь получает возможность визуально наблюдать изменение концентрации регистрируемого газа от времени (рис. 3).

В исходном прототипе данная информация предоставлялась дискретно [4].

В случае замены датчиков серии MQ единицы измерения концентрации будут представляться в стандартных единицах системы СИ.

Следует отметить, что предлагаемое устройство измеряет текущее значение концентрации газа. За время проведения измерений концентрация газов в воздухе может варьироваться из-за изменения условий (ветер, вентиляция), что проявляется в изменении показаний газоанализатора (рис. 3). В этом случае следует зафиксировать максимальное значение концентрации, полученное за время измерения в данной точке.

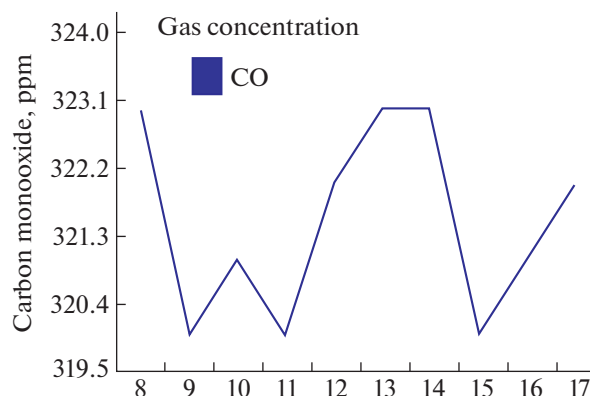


Рис. 3. Зависимость концентрации угарного газа от времени.

СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

Проектируемый прибор является переносным, отличаются компактностью, мобильностью и простотой эксплуатации.

Важным назначением переносного газоанализатора для контроля параметров воздуха рабочей зоны принято считать обследование замкнутого пространства и подземных объектов на предмет наличия токсичных веществ и горючих газов, например, при оформлении допуска рабочих для осуществления работ [6].

Область применения предлагаемого устройства — измерение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, в замкнутых помещениях (тоннелях, колодцах, дымоходах, трубопроводах и т.д.), при контроле вентиляционных выбросов; при аварийных ситуациях; поиск утечек в технологическом оборудовании и трубопроводах.

Газоанализатор может использоваться для определения загрязненности воздуха рабочей зоны на предприятиях лакокрасочной, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, пищевой промышленности, на предприятиях, связанных с хранением и транспортировкой нефти и нефтепродуктов. В чрезвычайных ситуациях, связанных с выбросами (или разливами) вредных и ядовитых веществ, а также при их ликвидации, с помощью газоанализатора можно выявить источники загрязнений, оценить степень опасности, направление и скорость перемещения загрязнителя в воздухе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый прибор является многокомпонентным (пять измеряемых компонентов). Он надежный, удобный в работе, имеет такие дополнительные функции, как встроенная память, беспроводной интерфейс для передачи данных на

ПК, статистическая обработка результатов, направление данных о превышении концентрации газа — через смс-сообщение (с одного мобильного устройства на другое, используя специальное приложение, Bluetooth). Благодаря своей уникальной конструкции и специально разработанному программному обеспечению, прибор способен в реальном времени проводить анализ нескольких компонентов газовой смеси одновременно и записывать в память полученную информацию. Прибор может использоваться для обеспечения безопасности работ, для контроля технологических процессов.

Следует отметить, что такие газоанализаторы незаменимы в промышленности, где необходимо непрерывно получать информацию о выбросах или контролировать технологический процесс в режиме реального времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типы газоанализаторов. [Электронный ресурс]. URL: http://eurolabgas.ru/typy_gazoanalizatorov (дата обращения 10.09.2020).
2. Ермолаева Н.В., Севастьянов Д.А. Портативный газоанализатор на основе смартфона. // Тенденции развития науки и образования: сб. науч. тр. по материалам XIX междунар. науч. конф. Самара, 2016. Ч. 3. С. 12–13.
3. Ермолаева Н.В., Севастьянов Д.А. Устройство регистрации углеводородных газов на основе смартфона // Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: материалы 18-й Междунар. молодеж. науч.-практ. конф. Новочеркасск, 2017. С. 132–137.
4. Ермолаева Н.В., Ратушный В.И., Севастьянов Д.А. Мобильное устройство для обнаружения и контроля горючих и токсичных газов // Вестник национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 2018. Т. 7. № 1. С. 75–79.
5. Севастьянов Д.А., Ермолаева Н.В., Рыбальченко А.Ю., Ратушный В.И. Разработка газоанализатора с программным обеспечением для смартфона с ОС ANDROID // Студенческая научная весна—2020: сборник тезисов и статей ежегодной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Волгоград: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. С. 64–67.
6. Классификация газоанализаторов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazoanalizators.ru/poleznoe.html%26art%3D28> (дата обращения 20.10.2020).

Vestnik Nacional'nogo Issledovatel'skogo Yadernogo Universiteta "MIPI", 2020, vol. 9, no. 5, pp. 455–459

Portable Multicomponent Gas Analyzer Compatible with an Android Smartphone

N. V. Ermolaeva^{a, #}, V. I. Ratushnyi^{a, ##}, and D. A. Sevastyanov^{a, ###}

^a Volgodonsk Engineering and Technical Institute, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Volgodonsk, 347360 Russia

[#]e-mail: NVErmolayeva@mephi.ru

^{##}e-mail: viratush@mail.ru

^{###}e-mail: dima.nuclear@gmail.com

Received October 31, 2020; revised October 31, 2020; accepted November 24, 2020

Abstract—A physical prototype of a universal gas analyzer has been presented for online measuring the concentration of several gases (methane, propane, butane, carbon monoxide, hydrogen). Software for an Android smartphone has also been developed in order to perform the visualization and management of data received from the gas analyzer. The smartphone is used to display information, to control the modes of displaying information on the screen, to determine the location of the user of the gas analyzer, and to send operational information to a remote server. At the moment, we can visually observe changes in the concentration of detected gases, view the measurement locations on maps, and manage the program in a convenient interface. The proposed prototype has compact controls, a built-in power supply, which facilitates the operation of the device. The Central computing part of the device is an ATmega 328P microcontroller, which is chosen due to its availability, versatility, and the ability to reprogram the outputs. The design of the device provides a connector for easy reprogramming. The measuring functionality of the device is determined by a set of sensors connected to the microcontroller, and does not depend on the smartphone model. Each sensor can be replaced owing to the modularity principle. The proposed device is compact, durable, easy to use, has an ergonomic design, performs real-time measurements, has various monitoring capabilities, and can be used for industrial and domestic purposes to control hazards directly at the location of a person.

Keywords: portable gas analyzer, smartphone, microcontroller, gas detection and control, methane, propane, carbon monoxide, hydrogen

DOI: 10.1134/S2304487X2005003X

REFERENCES

1. *Tipy gazoanalizatorov* (Types of Gas Analyzers). Available at http://eurolabgas.ru/tipy_gazoanalizatorov (accessed 10.09.2020).
2. Ermolaeva N.V., Sevastyanov D.A. Portativnyy gazoanalizator na osnove smartfona (Portable Gas Analyzer Based on a Smartphone), *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya: sb. nauch. tr. po materialam XIX mezhdunar. nauch. konf* (Trends in the Development of Science and Education: Collection of Scientific Tr. Based on the Materials of the XIX International. Scientific Conference), Samara, 2016, vol. 3, pp. 12–13 (in Russian).
3. Ermolaeva N.V., Sevastyanov D.A., Ustroystvo registratsii uglevodorodnykh gazov na osnove smartfona (Device for Registering Hydrocarbon Gases Based on a Smartphone), *Fundamentalnyye osnovy. teoriya. metody i sredstva izmereniy. kontrolya i diagnostiki: materialy 18-y Mezhdunar. molodezh. nauch.-prakt. konf.* (Fundamentals, Theory, Methods and Means of Measurement, Control and Diagnostics: Materials of the 18th International Conference the First One Scientific-Practical Conference), Novocherkassk, 2017, pp. 132–137 (in Russian).
4. Ermolaeva N.V., Ratushny V.I., Sevastyanov D.A., Mobilnoye ustroystvo dlya obnaruzheniya i kontrolya goryuchikh i toksichnykh gazov (Mobile Device for Detection and Control of Combustible and Toxic Gases), *Vestnik NIYaU MIFI*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 75–79 (in Russian).
5. Sevastyanov D.A. Ermolaeva N.V., Rybalchenko A.Yu., Ratushny V.I., *Razrabotka, gazoanalizatora s programnym obespecheniyem dlya smartfona s OS ANDROID* (Development of a Gas Analyzer with Software for an ANDROID Smartphone), *Studencheskaya nauchnaya vesna – 2020: sbornik tezisev i statey ezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* (Student Scientific Spring-2020: Collection of Abstracts and Articles of the Annual Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists), Volgogradsk: VITI NIYaU MEPhI, 2020, pp. 64–67 (in Russian).
6. *Klassifikatsiya gazoanalizatorov* (Classification of Gas Analyzers), Available at <https://www.gazoanalizators.ru/poleznoe.html%26art%3D28> (accessed 20.10.2020).