

УДК 004.051

doi:10.20998/2413-4295.2017.23.19

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

В. Л. КОСТЕНКО^{1*}, С. Б. КОНДРАТЬЕВ², М. В. ЯДРОВА², Д. А. ПОПОВ³

¹ кафедра металлорежущих станков, метрологии и сертификации, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

² кафедра информационных систем, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

³ кафедра электронных средств и информационно-компьютерных систем, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

*email: kv1777@ukr.net

АННОТАЦИЯ В статье представлены результаты исследований по созданию информационно-измерительной системы контроля параметров воздушной среды и обеспечения комфортного состояния человека. Показана возможность повышения эффективности системы – расширения функциональных возможностей, снижения энергопотребления в автономном режиме, массогабаритных показателей и стоимости, за счет использования современной элементной базы, в том числе микроконтроллера STM32F100. Приведены результаты разработки программного обеспечения микроконтроллера и визуализации параметров на мониторе. Результаты исследования могут иметь практическое применение при контроле и регулировании параметров воздуха и обеспечения комфорта в помещениях.

Ключевые слова: воздушная среда; измерение; микроконтроллер; код программы; датчик; система; эффективность.

INFORMATION SYSTEM OF MEASUREMENT AND CONTROL PARAMETERS OF THE AIR FRAMEWORK

V. KOSTENKO¹, S. KONDRATYEV², M. YADROVA², D. POPOV³

¹ department of Metal-cutting machines Metrology and Certification, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

² department information systems, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

³ department electronic means and information-computer systems, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

ABSTRACT The article presents the results of studies on the creation of an information and measuring system for controlling air parameters and ensuring a comfortable human condition. Based on the analysis of known information on the air quality monitoring devices on the market, the possibility of improving the efficiency of such devices based on modern components of information and measurement equipment and microcontrollers STM32F100 is shown. Since the measurement of individual air parameters does not allow to provide such important indicators as the comfort of the environment and the informative nature of the results, special attention is paid to the expansion of the system's functionality in the framework of the system approach. The possibility of increasing the efficiency of the system is shown – the expansion of functionality, the reduction in power consumption in standalone mode, the mass-dimensional parameters and the cost of components compared to the known ones, due to the use of the STM32F100 microcontroller and the modern element base. The results of the software development of the microcontroller based on the IDE Coocox platform.. The main algorithm includes the interrogation of sensors, keyboards, the output of measurement results on the display and the color indicator, data processing and decision-making for switching on and off two or more relays for ventilation and air conditioning control. For visualization of parameters on the computer screen in the form of graphs, EXCEL tables, accumulation of a large amount of statistical data in the long-term analysis, the microcontroller is connected to a personal computer (PC) via a USB port for additional statistical processing of the received data. The front panel on the PC screen, created in the software package LabView. The results of the study can have practical application in controlling and regulating air and providing comfort in the premises.

Key words: air environment; measurement; microcontroller; code of the program; sensor; system; efficiency.

Введение

Состояние воздушной среды, ее температура, влажность, уровень CO₂ оказывает большое влияние на производительность труда, безопасность, физиологическое состояние человека, в том числе на скорость реакции и логичность мышления в работах, связанных с большим количеством обработки информации [1]. Особую актуальность контроль параметров воздушной среды имеет в городах и на промышленных предприятиях с учетом высокого

уровня загрязнений [2]. Системы измерения и контроля параметров воздушной среды имеют широкое применение на производстве и в быту, при этом такие системы в современном исполнении должны не только измерять параметры воздушной среды, но и регулировать их, а также иметь возможность длительно работать в автономном режиме при отключении питания в сети электроснабжения.

В настоящее время известна достаточно обширная номенклатура устройств измерения и

контроля параметров воздушной среды, в том числе, с выводом показаний на мобильный телефон [3–7]. Известны устройства контроля параметров воздуха в составе систем контроля санитарно-гигиенических факторов на рабочем месте на основе цифрового прибора Дельфин-1М [8, 9]. Из сравнительных исследований таких устройств можно сделать вывод о недостаточном представлении на рынке информационно-измерительной техники недорогих, экономичных, малогабаритных систем с широкими функциональными возможностями, что ограничивает широкое распространение таких систем в быту и на производстве.

Исходя из сказанного, одним из направлений дальнейших исследований в технике контроля параметров воздушной среды является повышение эффективности используемых в этой области устройств. Современные технологии позволяют расширить функциональные возможности таких устройств, снизить их себестоимость, энергопотребление и размеры, что даст возможность поставить системы измерения и контроля воздушной среды в каждый офис и дом [10 – 12].

Цель и задачи работы

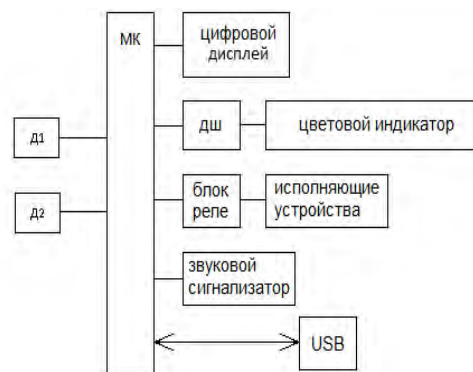
Целью данной работы является расширение функциональных возможностей устройства, снижение массогабаритных показателей, энергопотребления, себестоимости прибора за счет использования современной элементной базы и современных информационных технологий.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- анализ известных устройств контроля параметров воздушной среды;
- разработка структурной схемы системы измерения и контроля параметров воздушной среды;
- реализация аппаратной части системы контроля параметров воздушной среды;
- разработка программной модели и кода программы работы микроконтроллера на базе языка C;
- организация связи микроконтроллера с персональным компьютером.

Разработка информационной системы измерения и контроля параметров воздушной среды

Структурная схема системы измерения и контроля параметров воздушной среды представлена на рис. 1



Д1 – датчик температуры и влажности; Д2 – датчик уровня CO₂; МК – микроконтроллер; ДШ – дешифратор; USB – универсальный последовательный интерфейс

Рис.1 – Структурная схема системы измерения и контроля параметров воздушной среды

Для построения системы использованы современные комплектующие, которые позволяют решить поставленные задачи.

В устройстве использован 32-х разрядный микроконтроллер STM32F100RB фирмы STMicroelectronics, оснащенный современным быстродействующим ARM ядром, с максимальной тактовой частотой 24 МГц. Микроконтроллер имеет встроенный 16 канальный 12 разрядный АЦП, обеспечивающий подключение не только цифровых, но и аналоговых датчиков, обладает двумя 12 разрядными ЦАП, обеспечивающими работу исполняющих устройств, имеет семь коммуникационных интерфейсов, в том числе UART, обеспечивающий передачу данных в ПК, диапазон питающих напряжений 2,0–3,6 В, имеет энергосберегающий режим.

В процессе измерений микроконтроллер производит опрос датчиков температуры и влажности Д1 и уровня CO₂, подключенных через цифровую шину WIRE, и получает значения этих параметров. Для измерения температуры и влажности выбран цифровой датчик DHT22, измеряющий температуру в диапазоне от –40 до +80 °С с погрешностью не более 0,5 °С, влажность в диапазоне от 0 до 100 % с погрешностью не более 0,1 %, а в качестве датчика уровня CO₂ – цифровой датчик MH-Z19, рабочий диапазон которого 0–5000 ppm, погрешность измерения 50 ppm. Микроконтроллер производит прием данных, их обработку по заданному алгоритму, сравнение с определенными уровнями нормы для принятия решения по включению/выключению реле, управляющих исполняющими устройствами (вентиляционными заслонками, вентиляторами, кондиционерами и др.). Полученные значения параметров выводятся на цифровой дисплей в виде текстовой информации и на цветовой индикатор уровня CO₂ в виде светящейся линии, разделенной на 3 сектора – норма (зеленый), завышенный уровень CO₂ (желтый) и превышающий заданную норму

(красный). При превышении допустимых уровней микроконтроллер также подает сигнал на звуковой сигнализатор.

Для визуализации параметров на экране компьютера в виде графиков, таблиц EXCEL, накопления большого объема статистических данных при долговременном анализе, для дополнительной статистической обработки полученных данных, микроконтроллер подключен к персональному компьютеру (ПК) через USB порт.

Для реализации целей исследования были разработаны алгоритм работы микроконтроллера STM32F100RB, программа обработки данных и передачи их в ПК на языке С.

Алгоритм работы микроконтроллера представлен на рис. 2.

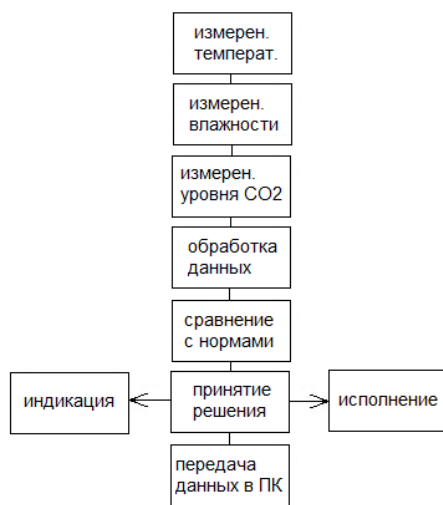


Рис.2 – Алгоритм работы микроконтроллера

Программная реализация базируется на основном фрагменте, который обеспечивает измерение температуры и передачу данных в персональный компьютер через последовательный интерфейс UART (USB). Код программы представлен на рис. 3.

```

while(1)
{
    //Блок приема температуры
    send_presence();
    delay(1600);
    one_wire_write_byte(0xCC);
    one_wire_write_byte(0x4E);
    one_wire_write_byte(0x4B);
    one_wire_write_byte(0x46);
    one_wire_write_byte(0x5F);
    send_presence();
    delay(1400);
    one_wire_write_byte(0xCC);
    one_wire_write_byte(0x44);
    delay(1500000);
    send_presence();
    delay(1400);
    one_wire_write_byte(0xCC);
  
```

```

    one_wire_write_byte(0xBE);
    delay(1000);
    uint16_t data = 0;
    for(uint8_t i = 0; i < 16; i++) data +=
    (uint16_t)one_wire_read_bit() << i;
    //Получаем истинное значение
    температуры, как /16
    float currentTemperature = data/16.0;
    //Преобразуем переменную float
    currentTemperature в 3 байта для передачи
    int temperatureWholePart =
    currentTemperature;
    int temperatureDecade =
    currentTemperature / 10;
    int temperatureOne =
    temperatureWholePart % 10;
    int temperatureFraction =
    (currentTemperature - temperatureWholePart + 0.01) * 10;
    char temper_tens = temperatureDecade +
    '0';
    char temper_ones = temperatureOne + '0';
    char temper_fraction = temperatureFraction
    + '0';
    //Выдаем в UART 3 байта температуры
    send_to_uart(temper_tens);
    send_to_uart(temper_ones);
    send_to_uart(',');
    send_to_uart(temper_fraction);
  }
  
```

Рис. 3 – Основной фрагмент программной реализации

Программируемая логика работы микроконтроллера на основе языка С позволяет гибко перенастраивать и модернизировать прибор в плане увеличения функциональности и алгоритмов обработки входных данных, а также позволяет программно реализовать такой новый параметр, как «температура комфорта», получаемый на основе датчика температуры и влажности.

Внешний вид системы измерения и контроля параметров воздушной среды без корпуса представлен на рис. 4.

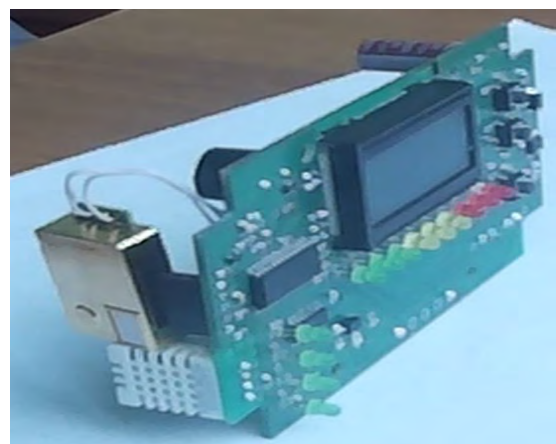


Рис. 4 – Внешний вид системы измерения и контроля параметров воздушной среды

Анализ результатов исследования

Калибровка и проверка работоспособности информационной системы измерения и контроля параметров воздушной среды проводились в камере холода, температуру в которой заранее доводили до нижнего значения номинальной температуры с учетом времени достижения теплового равновесия, в камере тепла, температуру которой заранее доводили до верхнего значения номинальной температуры с учетом времени достижения теплового равновесия, а также в камере влаги с допустимыми отклонениями относительной влажности и температуры. Уровень CO₂ проверялся в закрытом помещении. Калибровка цифрового датчика уровня CO₂ осуществлялась на открытом воздухе. Достоверность результатов контроля параметров воздушной среды предлагаемым цифровым измерителем обеспечивалась калибровкой прибора и сравнением результатов с результатами измерений с помощью разработанной нами ранее и тестированной измерительной системы [8].

На основании анализа результатов исследований установлено что энергопотребление системы по сравнению с аналогами [3–9] и время работы без заряда снижены в 1,5–2 раза. Микроконтроллер, при тактовой частоте 8 МГц, потребляет ток 2 мА и в промежутках между измерениями переходит в энергосберегающий режим. Датчик уровня CO₂ MH-Z19 в рабочем режиме потребляет ток не более 18 мА, его напряжение питания составляет 5 В. Датчик температуры и влажности DHT22 потребляет ток не более 2,5 мА при напряжении питания от 3 до 5 В. Результаты натурных испытаний показали, что суммарный ток потребления устройства в автономном режиме не превышает 20 мА. С учетом суммарного энергопотребления, при использовании литий-полимерного аккумулятора емкостью 2000 мАч, время работы устройства без заряда составит не менее 100 часов, что в 1,5–2 раза больше, чем у аналогов, при этом представленный нами прибор позволяет обеспечить достоверный контроль таких параметров воздушной среды, как температура в диапазоне от –40 до +80 °С, влажность в диапазоне от 0 до 100 %, CO₂ в диапазоне от 0 до 5000 ppm при габаритах 120x80x30 мм, весе 0,17 кг, что меньше габаритно-весовых показателей известных аналогичных устройств. Себестоимость устройства без учета персонального компьютера составляет 1500 грн, что меньше себестоимости аналогов [3–9].

В системе аппаратно и программно обеспечено подключение персонального компьютера через USB интерфейс, что значительно расширяет функциональные возможности устройства, а именно, обеспечивается возможность дистанционного получения измерительных данных с последующей их обработкой, возможность накопления большого объема статистических данных для долговременного анализа, ведения статистики зависимости состояния

персонала от условий воздушной среды (как материал для медицинских исследований), визуализации параметров на экране компьютера в виде графиков на базе программы LabView и преобразования накопленных данных в таблицы формата EXCEL.

Лицевая панель на экране ПК, созданная в программном пакете LabView, представлена на рис. 5.



Рис. 5 – Лицевая панель, созданная в программном пакете LabView

Выводы

В работе проведен анализ представленных на рынке устройств измерения и контроля параметров воздушной среды и сделан вывод о возможности повышения эффективности таких устройств – расширения функциональных возможностей, снижения энергопотребления в автономном режиме, массогабаритных показателей и стоимости за счет использования современной элементной базы.

Разработана структурная схема и реализована аппаратная часть системы измерения и контроля параметров воздушной среды на основе современной элементной базы, в том числе микроконтроллере STM32F100RB. Предусмотрен вывод параметров на цифровой дисплей в виде текстовой информации и на цветовой индикатор уровня CO₂ – в виде светящейся линии. При превышении допустимых уровней сигнал подается на звуковой сигнализатор. Системы не только измеряют параметры воздушной среды, но и регулирует их, управляя исполнительными устройствами (вентиляционными заслонками, вентиляторами, кондиционерами и др.). Предусмотрена возможность подключения к системе персонального компьютера.

Разработан алгоритм работы микроконтроллера STM32F100RB, программа обработки данных и передачи их в ПК на языке С.

Предложенная система за счет использования современной элементной базы и соответствующего программного обеспечения имеет более высокую по сравнению с аналогами эффективность, пониженное энергопотребление при автономном выполнении оперативного контроля температуры, влажности и уровня CO₂, уменьшенными массогабаритными показателями и себестоимостью.

Подключение персонального компьютера значительно расширяет функциональные

возможности устройства, а именно, обеспечивается возможность дистанционного получения данных с последующей их обработкой, возможность накопления большого объема статистических данных для последующего анализа, ведения статистики зависимости состояния персонала от условий воздушной среды, визуализации параметров на экране компьютера в виде графиков и таблиц формата EXCEL. Внедрение предложенной системы позволит повысить производительность труда и обеспечить безопасность и комфортное состояние человека.

Список литературы

1. Sokolova, H. Evaluation of thermo-hygric microclimate parameters in the work environment / H. Sokolova, R. Kralikova, A. Peskova // *The Holistic Approach to Environment*. – 2013. – №3 (1). – P. 53-59.
2. Kalibatas, D. Multiple criteria analysis of indoor climate at the workplace / D. Kalibatas, E. K. Zavadskas // *In Proc. of the 9-th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques"*, Vilnius: Technika. – 2007. – P. 141-142.
3. Приборы контроля параметров воздушной среды. Метеометры МЭС200 А [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.sovpribor.ru/images/stories/OtherImages/2/upload/manuals/Pasport_mes-200.pdf.
4. Портативный гигрометр HygroPalm 2 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.analitlab.ru/hydropalm2>.
5. MS6702 цифровой термогигрометр [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://ru.aliexpress.com/item/MS6702-digital-thermo-hygrometer-of-multifunction/32463472607.html?spm=2114.41010508.4.19.u8pqGW>.
6. Промышленный термогигрометр testo 645 [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.testo.com.ru/catalog/parameter/humidity_handheld_devices/736/.
7. Whitesell, K. A System for Determining Indoor Air Quality from Images of an Air Sensor Captured on Cell Phones [Электронный ресурс] / K. Whitesell, B. Kutler, N. Ramanathan // Режим доступа: http://www.cs.cornell.edu/~destrin/resources/conferences/2008-Nov-4-Whitesell_Kutler_Raman.pdf.
8. Поперека, Е. Д. Совершенствование аппаратного и программного обеспечения контроля нормированных параметров производственных факторов / Е. Д. Поперека, В. Л. Костенко, Д. И. Зайцева, К. С. Тыманюк // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2016. – № 4/3 (30). – С. 32-39.
9. Костенко, В. Л. Информационно-измерительная система контроля нормированных параметров производственных факторов / В. Л. Костенко, А. А. Николенко, Е. Д. Поперека, М. В. Ядрова, К. С. Тыманюк // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2014. – Вып. 3, № 9 (69). – С. 51-56.
10. Palmius, J. Criteria for measuring and comparing information system / J. Palmius // *Proceedings of the 30th Information Systems Research Seminar in Scandinavia IRIS*. – 2007. – Vol. 1. – P. 102-126.
11. Henne, S. Assessment of parameters describing representativeness of air quality in-situ measurement sites /

- D. Brunner, D. Folini, S. Solberg, J. Klausen, B. Buchmann // *Atmos. Chem. Phys.* – 2010. – № 10. – P. 3561-3581. – doi:10.5194/acp-10-3561-2010.
12. Kasar Amol R. WSN Based Air Pollution Monitoring System / Amol R. Kasar, Dnyandeo S. Khemnar, Nagesh P. Tembhurnikar // *International Journal of Science and Engineering Applications (IJSEA)*. – 2013. – V. 2 – № 4, – P. 55-59, 2013.

Bibliography (transliterated)

1. Sokolova, H., Kralikova, R., Peskova, A. Evaluation of thermo-hygic microclimate parameters in the work environment, *The Holistic Approach to Environment*, 2013, №3 (1), 53-59.
2. Kalibatas, D., Zavadskas, E. K. Multiple criteria analysis of indoor climate at the workplace, *In Proc. of the 9-th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques"*, Lithuania. Vilnius: Technika, 2007, 141-142.
3. Pribory kontrolya parametrov vozduшной sredy. Meteometry MES200 A [Yelektronniy resurs] / Rezhim dostupa: http://www.sovpribor.ru/images/stories/OtherImages/2/upload/manuals/Pasport_mes-200.pdf.
4. Portativnyy gigrometr HygroPalm 2 [Yelektronniy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.analitlab.ru/hydropalm2>.
5. MS6702 tsifrovoy termogigrometr [Yelektronniy resurs] / Rezhim dostupa: <https://ru.aliexpress.com/item/MS6702-digital-thermo-hygrometer-of-multifunction/32463472607.html?spm=2114.41010508.4.19.u8pqGW>.
6. Promyshlennyy termogigrometr testo 645 [Yelektronniy resurs] / Rezhim dostupa: http://www.testo.com.ru/catalog/parameter/humidity_handheld_devices/736/.
7. Whitesell, K. A., Kutler, B., Ramanathan, N. System for Determining Indoor Air Quality from Images of an Air Sensor Captured on Cell Phones [Yelektronniy resurs], Rezhim dostupa: http://www.cs.cornell.edu/~destrin/resources/conferences/2008-Nov-4-Whitesell_Kutler_Raman.pdf.
8. Popereka, Ye. D., Kostenko, V. L., Zaytseva, D. I., Tymanyuk K. S. Sovershenstvovaniye apparatnogo i programmnoho obespecheniya kontrolya normirovannykh parametrov proizvodstvennykh faktorov, *Tekhnologicheskii audit i rezervy proizvodstva*, 2016, 4/3 (30), 32-39.
9. Kostenko, V. L., Nikolenko, A. A., Popereka, Ye. D., Yadrova, M. V., Tymanyuk, K. S. Informatsionno-izmeritel'naya sistema kontrolya normirovannykh parametrov proizvodstvennykh faktorov, *Skhidno-Evropeys'kiy zhurnal peredovikh tekhnologiy*, №3/9 (69). – 2014, 51-56. doi:10.15587/1729-4061.2014.25419.
10. Palmius, J. Criteria for measuring and comparing information system, *Proceedings of the 30th Information Systems Research Seminar in Scandinavia IRIS*, 2007, 1, 102-126.
11. Henne, S., Brunner, D., Folini, D., Solberg, S., Klausen, J., Buchmann, B. Assessment of parameters describing representativeness of air quality in-situ measurement sites, *Atmos. Chem. Phys.*, 2010, 10, 3561-3581, doi:10.5194/acp-10-3561-2010
12. Kasar Amol R., Dnyandeo S. Khemnar, Nagesh P. Tembhurnikar WSN Based Air Pollution Monitoring System, *International Journal of Science and Engineering Applications (IJSEA)*, 2013, 2, 4, 55-59.

Сведения об авторах (About authors)

Костенко Виталий Леонидович – доктор технических наук, профессор, Одесский национальный политехнический университет; кафедра металлорежущих станков, метрологии и сертификации; г. Одесса, Украина; e-mail: kv1777@ukr.net.

Vitaliy Kostenko – doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa National Polytechnic University, department of Metal-cutting machines Metrology and Certification, Odessa, Ukraine; e-mail: kv1777@ukr.net.

Кондратьев Сергей Борисович – старший преподаватель, Одесский национальный политехнический университет, кафедра информационных систем, г. Одесса, Украина, e-mail: kv1777@ukr.net.

Sergey Kondratyev – major teacher, Odessa National Polytechnic University, department of Information Systems, Odessa, Ukraine; e-mail: kv1777@ukr.net.

Ядрова Марина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, Одесский национальный политехнический университет, кафедра информационных систем, г. Одесса, Украина; e-mail: yadrova@opu.ua.

Marina Yadrova – Associate Professor, Odessa National Polytechnic University, Department of Information Systems, Odessa, Ukraine; e-mail: yadrova@opu.ua.

Попов Дмитрий Александрович – аспирант, Одесский национальный политехнический университет, кафедра электронных средств и информационно-компьютерных систем, г. Одесса, Украина; e-mail: popov.d@ukr.net.

Dmitry Popov – graduate student, Odessa National Polytechnic University, Department electronic means and information-computer systems, Odessa, Ukraine; e-mail: popov.d@ukr.net.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Костенко, В. Л. Информационная система измерения и контроля параметров воздушной среды / **В. Л. Костенко, С. Б. Кондратьев, М. В. Ядрова, Д. А. Попов** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 117-122. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.19.

Please cite this article as:

Kostenko, V., Kondratyev, S., Yadrova, M., Popov, D. Information system of measurement and control parameters of the air framework. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **23** (1245), 117-122. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.19.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Костенко, В. Л. Інформаційна система вимірювання та контролю параметрів повітряного середовища / **В. Л. Костенко, С. Б. Кондратьєв, М. В. Ядрова, Д. О. Попов** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 117-122. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.19.

АННОТАЦІЯ В статті наведено результати досліджень по створенню інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів повітряного середовища та забезпечення комфортного стану людини. Показана можливість підвищення ефективності системи – розширення функціональних можливостей, зниження енергоспоживання в автономному режимі, масогабаритних показників та вартості за рахунок використання сучасної елементної бази. Наведено результати розробки програмного забезпечення мікроконтролера та візуалізації параметрів на моніторі. Результати дослідження можуть мати практичне використання при контролі та регулюванні параметрів повітря та забезпеченні комфорту в приміщеннях.

Ключові слова: повітряне середовище; вимірювання; мікроконтролер; код програми; датчик; система; ефективність.

Поступила (received) 31.05.2017