

## Контрол на качеството на въздушната среда в затворени помещения

Георги Георгиев

Звездица Ненова

**Control of Indoor Air Quality:** *The air quality control is an important task for the achieving of health and safety working environment in indoors. In the present paper the main types of the air pollutions in offices, schools and residential areas are presented, and the most common chemical pollutions are selected. A system and a LabVIEW virtual instrument for an indoor air quality are developed.*

**Key words:** *Indoor Air Quality, Control System, Custom Application, LabVIEW.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Хората прекарват близо 90% от времето си в затворени помещения. Основните типове от тези помещения, за които се регламентират стандарти и препоръки за качество на въздуха, са – жилищни, офис-, училищни, болнични помещения, помещения с комерсиална и индустриална цел и др. Голям процент от съществуващите жилища са построени или модифицирани, без да се вземат под внимание условията, осигуряващи здравословна и комфортна обстановка на техните обитатели. Мебели, уреди и различни продукти определят присъствието на множество замърсители [1]. Около една трета от времето си хората свързват с прекарване на работното място като ежедневната употреба на копирни машини, принтери и друго офис-оборудване предизвиква натрупване и отделяне на прах, изпускане на вредни токсични вещества и тежки метали [2, 3]. Установено е, че децата са по-чувствителни към въздействието на различни замърсители, в сравнение с възрастните, тъй като първо израстват и вследствие на по-бързото дишане, те поглъщат значително по-големи количества вредни емисии [4].

В настоящата работа е направено обобщение на основните типове замърсители на въздуха в офиси, училища и жилищни помещения като са селектирани най-разпространените химически замърсители. Предложена е система за контрол на качеството на въздушната среда в указания тип помещения и е разработен виртуален инструмент на основата на LabVIEW за управление на работата на системата.

### ПАРАМЕТРИ В ЗАТВОРЕНИ ПОМЕЩЕНИЯ

Качеството на въздушната среда в затворени помещения се формира от богато типово многообразие от параметри, които могат да бъдат класифицирани в три основни групи – фактори на микроклимата, замърсители на въздуха (биологични, небιологични и химически) и други параметри [5].

Основните фактори на микроклимата са:

- температура;
- относителна влажност;
- скорост на движение на въздуха.

Биологични замърсители се срещат под формата на:

- бактерии;
- вируси;
- гъбични микроорганизми и други.

Небиологичните замърсители се разделят на:

- прахови частици PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub>;
- ултрафини и твърди частици.

Към групата на химичните замърсители спадат:

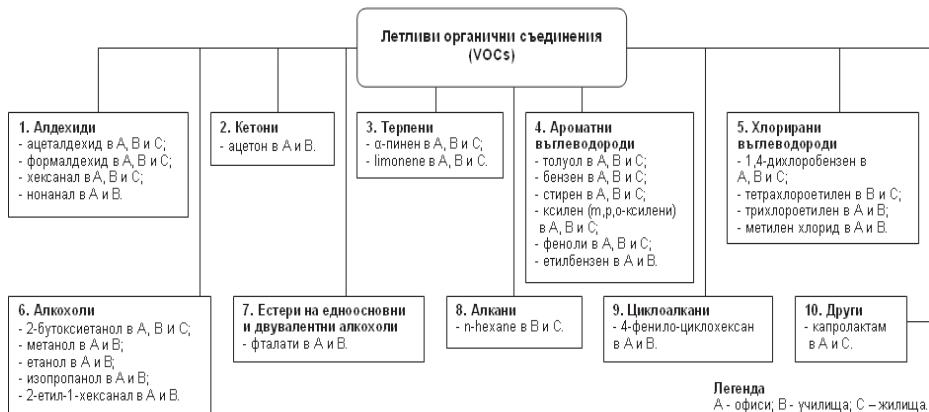
- CO и CO<sub>2</sub>;

- NO и NO<sub>2</sub>;
- озон;
- сероводород и серен диоксид;
- амоняк;
- азбест и пестициди;
- тежки метали – живак, олово и др.;
- натрупване на радон;
- токсични и канцерогенни вещества;
- среда с тютюнев дим и пасивно пушене;
- летливи органични съединения (VOCs) и др.

Като *други параметри* се измерват:

- нива на шум и осветеност;
- електромагнитни лъчения и др.

Температурата и относителната влажност са параметри, които се измерват във всички случаи на контрол на качеството на въздуха в затворени помещения. Въглеродният двуокис се отделя при дишането на човека, затова следенето на неговото ниво в затворени помещения е също често решавана задача. От химичните замърсители, VOCs се характеризират с богато типово разнообразие и множество източници като имат силно негативно въздействие върху човешкото здраве. Откриването на тези съединения доскоро се свързваше с редица трудности, но с развитието на полупроводниковите и компютърни технологии, днес става възможно да се установи тяхното присъствие [6]. На фиг.1 са представените най-често срещаните в затворени помещения летливи органични съединения. Селектирането е на база присъствие на всяко съединение в поне два типа от разглежданите помещения (офиси, училища и жилища) като съединенията, присъстващи само в един тип, са изключени.



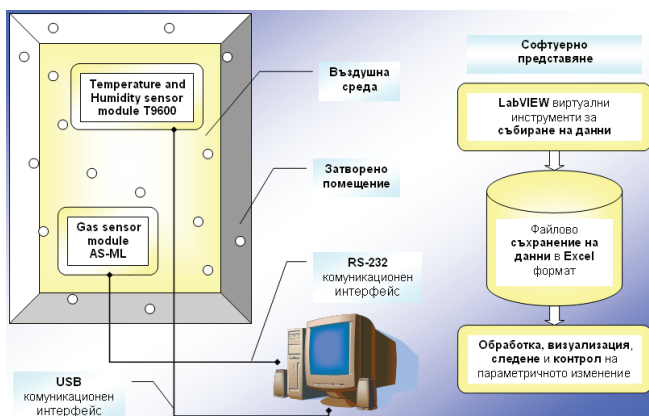
**Фиг.1. Селектирани летливи органични съединения**

Сред източниците на емисии на VOCs са бои, лакове, разтворители, лепила, аерозолни спрейове, почистващи препарати, текстилни изделия, мебели, офис оборудване – принтери, копирни машини, компютри, дисплеи, козметика и други продукти. Силното негативно въздействие на VOCs върху човешкото здраве се изразява в причиняване на умора, главоболие, загуба на концентрация; увреждане на различни органи; предизвикване на алергични реакции и астматични пристъпи; нарушения в развитието и др. [7, 8].

Във връзка с изложеното, като параметри, определящи качеството на въздушната среда в офиси, училища и жилища, при разработката се разглеждат температурата, относителната влажност и концентрацията на въглероден диоксид и VOCs.

### АРХИТЕКТУРА НА СИСТЕМА ЗА КОНТРОЛ НА ПАРАМЕТРИ В ЗАТВОРЕНИ ПОМЕЩЕНИЯ

Предлага се компютърно базирана система за контрол на параметри на въздушната среда на основата на модул за измерване на температура и относителна влажност тип T9600 на фирмата GE Measurement and Control [9] и модул тип AS-ML на фирмата AppliedSensor [10] за детектиране на CO<sub>2</sub> и летливи органични съединения чрез приваждане на анализирани съединения към CO<sub>2</sub>-еквивалентни единици. Структурата на системата и софтуерът за събиране на данни, обработка, визуализация и контрол са представени на фиг. 2.



Фиг.2. Структура на системата и софтуерно представяне

Модулът T9600 има диапазон на измерване на температура от -20°C до 80°C, а на относителна влажност - от 0% до 100%RH. Точността на температурния сензор е  $\pm 0.6^\circ\text{C}$  при 25°C, а на сензора за влажност при 25°C - съответно  $\pm 2\%$  от 20% до 80%,  $\pm 3\%$  от 0% до 20% и от 80% до 100%. Връзката между модула и персоналният компютър (PC) се осъществява посредством USB комуникационен интерфейс.

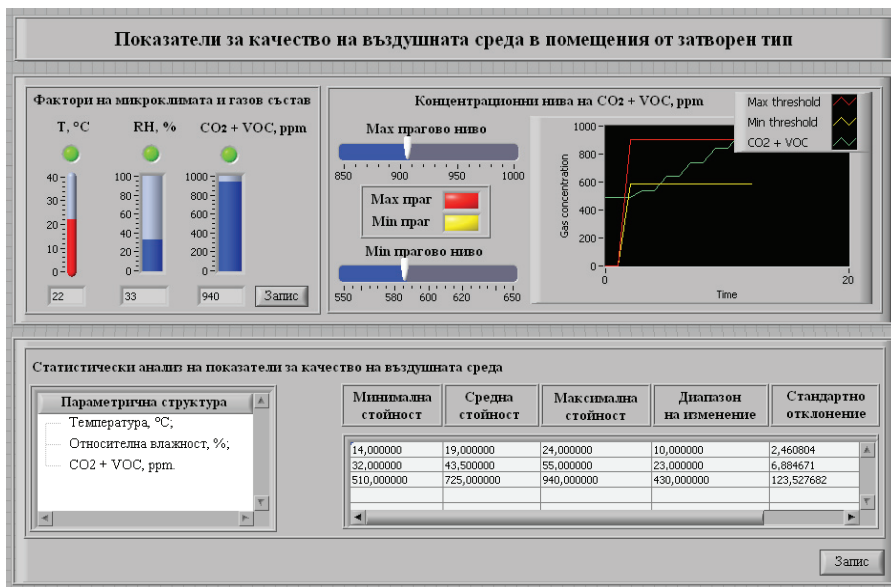
Модулът AS-ML използва химични сензори с металоокисно покритие, изготвени на базата на MEMS технология. Тази технология гарантира ниска консумация на енергия, висока чувствителност, стабилност на характеристиките и дълъг експлоатационен период. Времето за стартиране е по-малко от 2 секунди. Работният температурен диапазон е от -0°C до +40°C, по отношение на относителната влажност - от 0% до 95%. Комуникацията с PC се извършва по RS-232 комуникационен интерфейс със скорост на обмен на данните 9.600 bit/s. Модулът може да бъде използван за детектиране на широка гама от класове VOCs, включваща: алкохоли; алдехиди и кетони; ароматни и алифатни въглеводороди като алкани, циклоалкани, терпени; горивни газове като метан; органични киселини и др.

За управление на работата на системата е разработен виртуален инструмент (ВИ) на основата на програмния пакет Labview [11], позволяващ събиране на данни, обработка, визуализация и контрол на параметрите на качеството на въздушната

среда.

## LABVIEW ВИРТУАЛЕН ИНСТРУМЕНТ ЗА КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО НА ВЪЗДУШНАТА СРЕДА

Labview се базира на технологията на модулно програмиране и графичен програмен език G.



Фиг.3. Преден панел на ВИ IndoorAirQuality.vi за контрол на качеството на въздушната среда

Всеки виртуален инструмент се изгражда от два компонента – преден панел и блокова диаграма. Предният панел е интерактивен потребителски интерфейс, върху който се поставят контроли и индикатори, изпълняващи ролята на модулни входове и изходи. В блоковата диаграмата се създава алгоритъмът за събиране, обработка и анализ на измерените и други данни посредством различни библиотечни функции. В нея се съдържа графичният код за управление на предния панел.

Предният панел на разработения ВИ IndoorAirQuality.vi за управление на системата за контрол е показан на фиг.3. ВИ дава възможност за измерване и следене чрез подходящи индикатори на стойностите на температурата, относителната влажност и концентрацията на CO<sub>2</sub>+VOCs. Посредством плъзгачи на две контроли могат да се задават две прагови нива на тази концентрация. При превишаването ѝ, се активират съответни светлинни индикатори. Чрез виртуален осцилоскоп се следи нивото на концентрация на CO<sub>2</sub>+VOCs в еквивалентни единици на CO<sub>2</sub>, което се сравнява със зададените гранични стойности.

Предвидена е възможност и за статистически анализ на получените данни. Той позволява определяне на минималната, средна и максимална стойност, цялостния диапазон на параметрично изменение и средноквадратичното отклонение. Посредством бутони за запис, потребителят има възможност за файлово съхранение на измерените и статистически данни в Excel формат.

Като допълнение към разглежданата система за контрол може да се добави модул с цифрови изходи, позволяващ включване на климатична и вентилационна системи, когато някой от измерваните параметри не отговаря на установените от стандарта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Многообразието от замърсители на въздушната среда, предизвикващи негативно влияние върху здравето на човека, е значително. Това предполага необходимостта от контрол на качеството на въздуха в затворени помещения. Чрез предлаганата система се контролират подбрани целеви параметри. Параметричното изменение се следи посредством потребителско приложение, разработено на основата на LabVIEW. Като възможност за бъдещо развитие е свързването към системата на климатични и вентилационни инсталации, които да бъдат управлявани от нея

## **ЛИТЕРАТУРА**

[1] International Association of Certified Home Inspectors. Air Quality in the Home, 2012, <http://www.nachi.org>.

[2] California Department of General Services, Green California. Background and Environmental and Health Issues, 2006, <http://www.green.ca.gov>.

[3] Public Works and Government Services Canada. Indoor Air Quality – Tips for Improving the Air Quality in Your Office, 2005, <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca>

[4] Greenguard Environmental Institute. Greenguard Children and Schools Certification Program, 2009, <http://www.greenguard.org>.

[5] Occupational Safety and Health Administration. Indoor Air Quality in Commercial and Industrial Buildings. OSHA 3430-04, 2011. <http://www.osha.gov>.

[6] AppliedSensor. Beyond CO2: Sensing VOCs in Indoor Air Protects Health, Saves Energy. AppliedSensor, 0609, 2009. <http://www.appliedsensor.com>.

[7] United States Environmental Protection Agency. An Introduction to Indoor Air Quality, 2012, <http://www.epa.gov>.

[8] California Environmental Protection Agency. Indoor Air Quality and Personal Exposure Assessment Program, 2003, <http://www.arb.ca.dov>.

[9] GE Measurement and Control. T9600 The Fully Calibrated Humidity and Temperature Module. GE Measurement and Control, 920-579A, 2012. <http://www.ge-mcs.com>.

[10] AppliedSensor. Quick Reference Manual – Test Kit AS-ML Sensor Components, 2009, <http://www.appliedsensor.com>.

[11] National Instruments. Labview User manual. National Instruments, 3200999E-01, 2003. <http://www.ni.com>.

### **За контакти:**

Доц. д-р инж. Звездица Ненова, Катедра “Основи на електротехниката и електроенергетиката”, Технически университет - Габрово, тел.: 066-827 376, e-mail: [nenova@tugab.bg](mailto:nenova@tugab.bg)

Ас. инж. Георги Георгиев, Катедра “Основи на електротехниката и електроенергетиката”, Технически университет - Габрово”, тел.: 0877522029, e-mail: [givanow@abv.bg](mailto:givanow@abv.bg)

**Докладът е рецензиран.**