

А.В. Калач¹, В.И. Савинова¹, Е.В. Калач²

(¹Воронежский институт ГПС МЧС России; ²Воронежский государственный архитектурно-строительный университет; e-mail: avkalach@gmail.com)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ

В статье приведен обзор мультисенсорной системы контроля и определения токсикантов в воздухе рабочей зоны, входящей в состав интегрированной системы безопасности зданий и сооружений.

Ключевые слова: пожарные системы, датчики пожарной сигнализации, здания и сооружения.

A.V. Kalach, V.I. Savinova, E.V. Kalach

THE INTELLIGENT INTEGRATED SAFETY SYSTEM

The article gives an overview of the multisensor systems of control and determination of toxic substances in the air of the working area, included in the integrated system of safety of buildings and constructions.

Key words: fire-fighting system, fire alarm sensors, buildings and constructions.

При производстве строительных отделочных материалов большое количество технологических процессов связано с взрывоопасными газодисперсными системами (процессы осаждения пылей, пневмотранспортировка, размельчение материалов, сушка, хранение, сжигание, шлифовка поверхностей, составление порошковых композиций и их прессование). Аварийные ситуации или нарушения технологических режимов могут создать условия для воспламенения таких систем, процесс горения которых может носить взрывной характер [1].

Необходимым условием возникновения взрыва является присутствие веществ с концентрацией в пределах воспламенения и источника зажигания. Давление при таком взрыве сопровождается волной сжатия, скорость которой в окружающей среде – от нескольких сантиметров до нескольких сотен метров в секунду [1, 2]. Быстрое нарастание давления взрыва является в большинстве случаев достаточным для разрушения или повреждения оборудования.

Обычные противопожарные средства для газодисперсных систем малоэффективны вследствие большой скорости распространения фронта пламени, в некоторых случаях переходящего в детонацию.

Для обеспечения взрывобезопасности и успешного подавления взрыва необходимо обнаружить очаг развития взрыва на возможно более ранней стадии развития. Для этого необходимы системы безопасности с большой чувствительностью, малой инерционностью и независимостью характеристик от свойств воздушной среды [3, 4].

Применяемые в пожарных системах датчики не удовлетворяют этим требованиям. Дымовые и ионизационные датчики срабатывают тогда, когда возгорание уже возникло. С помощью датчиков, основанных на термопарах и термосопротивлениях, возможно обнаружить возрастание температуры еще до начала возгорания, но такие датчики контролируют температуру в локальной области пространства, а инициализация взрыва может произойти в другом месте.

В Воронежском институте Государственной противопожарной службы МЧС России сконструирована интегрированная система безопасности, включающая мультисенсорную систему контроля и определения легколетучих органических веществ в воздухе рабочей зоны [1].

В настоящее время в лаборатории проводятся исследования помехоустойчивости пьезоэлектрических сенсоров в составе пожарной сигнализации с целью выяснения необходимости применения специальных алгоритмов обработки информации для предотвращения влияния помех [2]. В ходе исследований возникла необходимость автоматизации проведения эксперимента и повышения его наглядности. Была сформулирована задача автоматизировать процесс проведения эксперимента и повысить наглядность экспериментальных данных. Для решения этой задачи предложено разработать лабораторную установку, позволяющую:

1. Реализовывать моделирование газовых систем, содержащих легколетучие органические вещества.
2. Выполнять сбор данных экспериментов в режиме реального времени.
3. Передавать полученные в ходе экспериментов данные на ПК.

Рассмотрим основные блоки, входящие в состав структурной схемы.

Интерфейс системы реализован на базе *программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС)*. Такая реализация позволила добиться минимизации устройства, высокой надёжности работы и возможности быстрой и простой модификации цифровой части схемы. Источником опорной частоты для формирования временных интервалов отсчета служил стабилизированный кварцевый генератор промышленного исполнения "Астра" (предприятие "ОНИИП").

Общий выходной сигнал системы сенсоров обрабатывался с помощью многослойной *нейронной сети (НС)* с обучением по методу обратного распространения ошибки (back propagation). В качестве входных данных нейросети выступали значения сдвигов частот колебаний пьезосенсоров в виде матрицы:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} t_1 & x_{11} & x_{1j} & x_{1m} \\ t_i & x_{i1} & x_{ij} & x_{im} \\ t_n & x_{n1} & x_{nj} & x_{nm} \end{bmatrix}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

где \bar{X} – матрица значений сигналов;

t_i – момент времени, в который измерен аналитический сигнал сенсора, с;

x_{ij} – аналитический сигнал j -го сенсора в i -й момент времени;

n – количество сенсоров в системе;

m – продолжительность определений, с.

Затем происходит процесс преобразования и передачи информации между внутренними слоями сети, сравниваются значения требуемого выходного и смоделированного сигнала системы, рассчитывается ошибка по формуле:

$$e = \sum_{i=1}^n |y_i - D_i|^2 .$$

Для реализации алгоритма обработки входных сигналов и дальнейшей интерпретации результатов анализа разработан программный комплекс, включающий следующие модули.

I. Модуль обучения нейронной сети. Для обучения формировали 5-6 выборок, содержащих не менее 80 % от сдвигов частот колебаний пьезосенсоров при определении низкомолекулярных органических соединений, что обеспечивало адекватность распределения элементов обучающей выборки и исходных данных. Совокупность входных сигналов загружается из файла, создаваемого пользователем по результатам работы мультисенсорной системы. В процессе обучения возможно изменение управляющих параметров алгоритма обучения: выбор способа нормализации, скорости обучения (величина шага при обучении весов), коэффициента инерции и ряда других. После окончания этапа обучения данное вещество добавляется в классификационную базу данных программы, и устройство готово к основному режиму работы.

II. Модуль оценки работы сети. Данный модуль предназначен для тестирования эффективности работы НС. Для этого формировали 5-6 выборок, содержащих 15-20 % от сдвигов частот колебаний пьезосенсоров при определении низкомолекулярных органических соединений. По результатам оценки эффективности работы НС программа выдает сообщение, информирующее пользователя об успешном или неудачном обучении нейронной сети. При успешном обучении НС программа предлагает пользователю поместить результаты обучения в общую базу данных.

III. Модуль основного режима работы. Для проведения анализа низкомолекулярных органических соединений необходимо установить соответствующие настройки сети, сохраненные после обучения. Результат выполнения программы формируется в виде отчета, содержащего сведения об исследуемом веществе, и выводится на печать.

IV. Модуль графического представления данных. Формирует графическую информацию о результатах работы сенсорной системы. При запуске информационной системы, проводящей анализ экспериментальных данных, открывается диалоговое окно, предоставляющее пользователю возможность выбрать режим работы системы.

Работа с основными функциональными модулями системы производится при помощи пунктов меню. Созданный измерительный комплекс позволяет проводить определение веществ с применением пьезосенсоров, осуществлять при этом самонастройку системы и компенсацию поступающей от ЭН информации в реальном времени.

Полученные экспериментальные результаты позволили рекомендовать разработанную мультисенсорную систему для включения в составе *интегрированного комплекса безопасности (ИКБ)* типа "КОДОС" (ООО "СоюзСпецАвтоматика"), обеспечивающего пожарную, экологическую безопасность и управление жизнеобеспечением в зданиях и сооружениях.

Структурная схема системы ИКБ "КОДОС", включающая мультисенсорную систему, представлена на рис. 1.

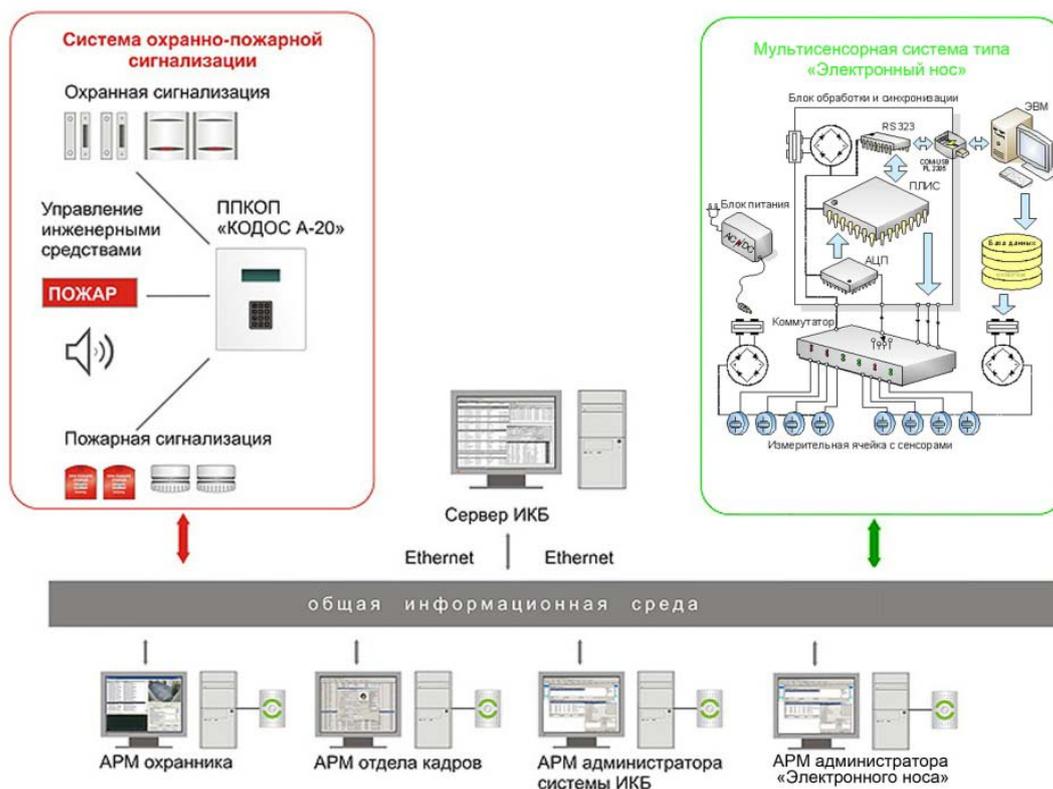


Рис. 1. Структурная схема интегрированной системы безопасности с модулем на основе мультисенсорной системы типа "электронный нос"

Информационная система построена с применением послойного принципа. Каждая из подсистем ИКБ и даже отдельные их элементы способны работать в автономном режиме, что повышает надёжность ИКБ в целом. Разработанная система апробирована на территории Воронежского института Государственной противопожарной службы МЧС России.

Результаты апробирования мультисенсорной системы в составе ИКБ показали возможность высокочувствительного определения низкомолекулярных органических веществ с использованием поверхностно-модифицированных пьезорезонаторов, которые могут использоваться для обеспечения мониторинга состояния окружающей среды в режиме реального времени.

Включение в структуру модуля мультисенсорной системы, программно-аппаратная интеграция, единая информационная среда с внешними приложениями позволяют ИКБ обеспечивать пожарную и экологическую безопасность объекта.

Литература

1. **Чуйков А.М., Перегудов А.Н., Калач А.В.** Разработка мультисенсорного газоанализатора для анализа горючих газов // Пожаровзрывобезопасность, 2011, № 1. С. 54-56.
2. **О возможности** использования системы типа "Электронный нос" для оценки уровня токсичности газов и паров при эксплуатации строительных материалов / Чуйков А.М., Перегудов А.Н., Калач А.В., Исаев А.А. // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности", 2011, № 2 (36). 8 с. <http://ipb.mos.ru/ttb/2011-2>.
3. **Калач А.В., Рудаков О.Б., Селеменев В.Ф.** Оценка экологической безопасности строительных материалов с применением "электронного носа" // Экологические системы и приборы, 2007, № 9. С. 33-35.
4. **Экспертиза** строительных материалов с применением электронного носа / Калач А.В., Рудаков О.Б., Селеменев В.Ф., Бочарникова И.В. // Строительные материалы, 2007, № 4. С. 82-84.

Статья опубликована 12 декабря 2012 г.