

*С.П. Яцишин, д-р техн. наук, доцент, І.П. Микитин, д-р техн. наук, доцент  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Національний університет “Львівська політехніка”)*

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПОЖЕЖНИЙ СПОВІЩУВАЧ ІЗ САМОВІДНОВЛЮВАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Пожежні сповіщувачі 3-го покоління, оснащені мікроконтролером та певними алгоритмами опрацювання результатів вимірювання, характеризуються істотно покращеними експлуатаційними параметрами. Вони можуть виконуватись, як автономні пожежні сповіщувачі, і встановлюватись у приміщеннях, як додаткові до основних. Перенесення опрацювання вимірюваної інформації безпосередньо до сповіщувача (при умові використання мікроконтролера в його конструкції) дає змогу зменшити час спрацювання або/і підвищити вірогідність виявлення пожежі.

**Ключові слова:** пожежний сповіщувач, мікроконтролер, перетворення сигналу, алгоритм прийняття рішень про надзвичайну ситуацію

**Вступ.** Ефективна робота пожежних сповіщувачів (далі за текстом — ПС) 3-го покоління, залежить від того, наскільки ефективно запрограмовані ПС; які критерії спрацювання вибрано за основу і як забезпечується виконання цих критеріїв; яким чином автоматично реалізується сезонна, щоденна чи щогодинна зміна порогового рівня спрацювання ПС, на основі чого випрацьовуються повідомлення, зокрема “Пожежа” тощо, тобто від застосованих алгоритмів роботи ПС [1]. Однак, у створенні інтелектуального ПС із самовідновлюваними характеристиками в процесі його експлуатації основними можна вважати шляхи і засоби опрацювання результатів вимірювання первинних перетворювачів (ПП) та їх реалізацію у загальному алгоритмі роботи ПС.

Вирішення цього достатньо складного завдання нашою хується як на специфіку застосування самого приладу, так і на певну невизначеність критеріїв його спрацювання при виникненні критичної ситуації, а також на необхідність змінювати параметри налаштування ПС залежно від характеристик приміщення, де його встановлюють [2]. Не дивлячись на те, що у світі вже випускають інтелектуальні ПС 4-го і 5-го покоління, у вітчизняній технічній літературі відсутні опрацювання, що стосуються роботи таких ПС. Це особливо важливо для спеціалістів розробників та інсталяторів. Винятком можна вважати працю [3], де однак описано лиш ази застосувань математичного апарату нечіткої логіки щодо ПС. Тим паче, відсутні основи розуміння конкретних програмних продуктів типу AlgoLogic, AlgoRex, Leonardo, які успішно використовуються провідними світовими розробниками у сфері проектування інтелектуальних ПС.

**Постановка проблеми.** Базове значення сигналу визначається застосованим алгоритмом опрацювання, за яким це значення може бути: а) значенням сигналу, жорстко встановленим на етапі виготовлення (переважно у ПС 1-го покоління): до прикладу 348 с. у ПС ИП-105-1А1 і 120 .. 150 с. у ТПС-110 при швидкості зростання температури 5 К/с. [4]; б) значенням сигналу, що виробляється у додатковій камері, спеціально ізольованій від дії контрольованого середовища (ПС 2-го покоління); в) «плаваючим» значенням, що визначається алгоритмічно, з використанням наявної у пам’яті мікроконтролера бази даних стосовно вимірюваних параметрів та їхніх похідних (ПС 3-го покоління).

Коли один, наприклад, димовий ПП виявить суттєве підвищення вмісту диму, еквівалентне станом пожежі, а тепловий ПП не відчує зміни температури, то на підставі заздалегідь заданого алгоритму ПС не сформує повідомлення тривоги. Тому обов’язково вимагається наявність складових 2-х каналів – димового та теплового. Вказаний алгоритм суттєво знижує можливість хибного спрацювання (тут за вмістом диму, як наслідком куріння у приміщенні; подібний недолік є притаманний димовому ПС JA-60SR чеської фірми «Яблотрон» через відсутність у його конструкції теплового ПП).

**Мета роботи.** Розроблення структурної схеми інтелектуального пожежного сповіщувача, алгоритмічних засад його роботи та алгоритму опрацювання інформаційних сигналів при незмінній часовій стабільності визначальних характеристик (час і вірогідність виявлення пожежі) завдяки застосуванню математичного апарату нечіткої логіки.

**Алгоритмічні засади роботи інтелектуального пожежного сповіщувача.** Створення такого алгоритму роботи ПС 3-го і 4-го покоління, який дає змогу якомога швидше і безпомилково виявити вогнище займання, вважається складним завданням, оскільки в основу вирішення закладається компроміс між швидкістю виявлення вогнища займання й вірогідністю спрацювання. Насамперед, розглядаємо існуючі алгоритми роботи ПС [1].

**Алгоритм опрацювання інформаційних сигналів первинних перетворювачів інтелектуального пожежного сповіщувача.** Перетворення сигналу ПП застосовується у всіх видах і типах ПС і найчастіше полягає у [5]:

- пропорційному посиленні вихідного сигналу ПП;
- диференціюванні сигналу ПП у часі;
- сумісному використанні пропорційно-посиленого й диференційованого сигналів (складний алгоритм попереднього опрацювання інформаційного сигналу на рівні ПП у ПС максимально-диференціальної дії).

Зазначимо, що для обчислення похідної потрібно зберігати певну кількість даних. Надалі отримане біжуче значення пропорційного сигналу або/і похідної порівнюється з пороговим, встановленим на етапі проектування або/і відлагодження системи пожежної сигналізації. До прикладу, ПС Apollo 55000-600 [6] відкалібровується так, щоб сигнал від димового ПП був установленим на рівні  $25 \pm 7$  умовних одиниць, визначених ДСТУ EN54 [7]; тоді підвищення рівня сигналу до 55 одиниць, тобто у 2 рази, відповідає пороговому рівню спрацювання ПС. У згаданому ПС поріг спрацювання виконаний плаваючим: із підвищенням рівня задимленості у приміщенні поріг плавно піднімається, скажімо, до 35 ум.од. Для цього отримане значення параметра повинно порівнюватися з попереднім вимірним значенням. Крім того, отримане значення може порівнюватися з попереднім значенням стосовно похідної. ПС Apollo 55000-600 опитується щосекунди, так що зміна порогового рівня спрацювання може здійснюватись регулярно.

**Алгоритм роботи пожежного сповіщувача у системі пожежної сигналізації.** Для якомога швидшого сповіщення про надзвичайну ситуацію у особливо відповідальних системах пожежної сигналізації дозволено спрацювання за повідомленням лише одного ПС [5]. Позаяк у ПС 3-го покоління використовується мікроконтролер, то для спрощення вхідного кола у його електронній схемі слід застосувати цифрове опрацювання сигналів ПП. При цьому, можна аналізувати як сумарний сигнал, так і сигнали від окремих ПП. За одним із вищерозглянутих алгоритмів роботи з інформативним сигналом ПП, як інформативний параметр може використовуватись значення похідної від кожного з цих сигналів, що суттєво розширює аналізоване інформаційне поле. На відміну від викладеного, автоматичний пуск установки пожежегасіння повинен відбуватися при спрацюванні у приміщенні двох ПС [8].

Переміщення процесу опрацювання інформації різних типів ПП від приймального обладнання до самого ПС (з часом прийняття рішення про пожежу, меншим від 1 с, і поданням сигналу в цифровій формі) дає змогу розвантажити канали передачі даних. Стає можливим перехід на бездротову (WiFi; WiMax) передачу даних, що спрощує систему.

**Алгоритм часової корекції порогового рівня спрацювання.** Специфіка використання групи ПС в одному приміщенні або ж принаймні одного ПС у низці сусідніх приміщень з різним рівнем природного чи штучного освітлення, або з різним вмістом пилу, призводить до суттєвої невизначеності у їхніх спрацюваннях за наявних ознак пожежі. ПС не спрацьовує внаслідок запиленості світлопропускаючих поверхонь, зниження чутливості фотоприймача (фотодіода), зменшення світлового потоку світлодіода тощо. Для уникнення цього слід періодично очищати світлопропускаючі поверхні ПС. Коли ж вживаються запобіжні заходи

на конструктивному рівні (перекалібрування в процесі експлуатації), стає реальним фальшиве спрацювання, зумовлене заниженням порогу спрацювання.

Тому в ПС 3-го покоління доцільно використовувати періодичну корекцію показів через певні проміжки часу. Оскільки пороги спрацювання ПС повинні змінюватись, то слід передбачити таку можливість на конструктивному або/і на програмно-технічному рівнях. Подібне відсутнє у ПС 1-го покоління, де існує фіксований рівень спрацювання (до прикладу, 72<sup>0</sup>С, вище якого розривається електричне коло ПС). Тому “зимова” пожежа фіксується таким ПС із значною затримкою у часі порівняно з „літньою” пожежею. Подібна ситуація недопустима для інтелектуального ПС, що повинен враховувати сезонні зміни.

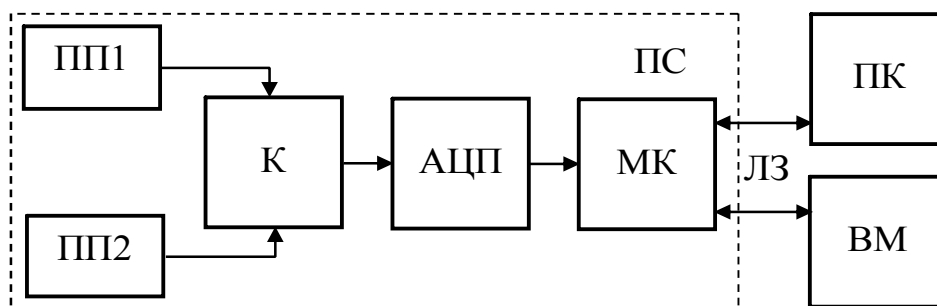
**Шляхи побудови, програмування та використання інтелектуального пожежного сповіщувача на основі нечіткої логіки з високостабільними експлуатаційними характеристиками.** Існує низка конструктивно, технологічно та програмно складних ПС, виготовлених провідними Європейськими фірмами, де використовуються прогресивні підходи до формування стабільних у часі характеристик. До прикладу, фірма “Бош” використовує такі технологічні прийоми, як активний моніторинг електроніки (за наявності встановлених алгоритмів і вбудованих моделей порівняння сигналів тривоги), що гарантує високу точність виявлення пожежі, та активний моніторинг забруднення, що збільшує термін служби ПС. Останнє передбачає введення функції раннього запобігання небезпеки на основі створення опції передтривожного стану (**Тривога 1-го рівня**) в регістрах мікроконтролера.

Проте, за наявності забруднення світлопропускаючої поверхні ПС лише відправляє в автоматичному режимі службовий сигнал на панель приймального обладнання: він не здатний самостійно й оперативно змінювати власні параметри з метою компенсації наслідків забруднення. Крім того, не враховуються фактори природнього старіння світло-випромінювальних і світло-приймальних елементів ПС та забруднення їх активних поверхонь.

У ПС DOP-40 фірми “Електронікс” [9], що працює в ІЧ-діапазоні, передбачено 4-и режими роботи: черговий, тривоги, нечинності (повне перекриття світлового променя) та забруднення (часткове перекриття світлового променя). Даний ПС відноситься до лінійних однопозиційних ПС з окремо винесеним рефлектором для відбивання світлового променя на відстані до декількох десятків метрів (конструктивно подібним є лінійний ПС типу “Cerberus PRO” фірми “Сіменс” [10]).

Для збереження незмінної чутливості і здатності виявляти пожежу протягом тривалого часу ПС оснащений багатофункціональною схемою автоматичної компенсації впливу забруднення й умов оточення. Схема забезпечує незмінний поріг чутливості ПС у діапазоні компенсації, який очевидно є незначним. У подальшому активується функція нечинності, що передбачає виконання робіт по очищенню рефлектора обслуговуючим персоналом.

**Конструкція та засади роботи пропонованого пожежного сповіщувача.** Врахувавши розглянуті проблеми створення інтелектуальних ПС з високою ймовірністю виявлення пожежі за короткий проміжок часу, запропоновано структурну схему наступного ПС (рис.1).



**Рис. 1.** Структурна схема системи пожежегасіння:

ПП1, ПП2 – первинні перетворювачі, К – комутатор, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, МК – мікроконтролер, ЛЗ – лінія зв'язку, ПК – персональний комп'ютер, ВМ – виконавчий механізм

Під час роботи ПС з певною періодичністю вимірюється температура та задимленість у приміщенні. Результати вимірювання запам'ятовуються мікроконтролером у масиві даних, який формується за принципом: першим зайшов – перший вийшов. Таким чином завжди зберігаються  $N$  останніх виміряних значень, які використовуються для визначення похідних за формулами:

$$T' = \frac{dT}{dt} = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1},$$

$$Z' = \frac{dZ}{dt} = \frac{Z_2 - Z_1}{t_2 - t_1},$$
(1)

де  $T'$  – похідна за часом від температури (швидкість зміни температури),  $T_1$  – значення температури в початковий момент часу,  $T_2$  – значення температури в наступний момент часу,  $Z'$  – похідна за часом від задимленості (швидкість зміни задимленості),  $Z_1$  – значення задимленості в початковий момент часу,  $Z_2$  – значення задимленості в наступний момент часу,  $t_1$  – початковий момент часу,  $t_2$  – наступний момент часу.

Мікроконтролер керує процесом вимірювання, проводить опрацювання методами нечіткої логіки результатів вимірювання і обчислених значень похідних і приймає рішення про наявність пожежі. Інформація про пожежний стан об'єкта передається до виконавчого механізму пожежегасіння або/і до комп'ютера, що зберігає й архівує дані про стан об'єкта, а також керує роботою системи пожежегасіння. На ПК може надходити інформація від усіх ПС даного об'єкту. Дані передаються з допомогою стандартного інтерфейсу ПК (до прикладу, COM) або засобами бездротової передачі даних (наприклад, технології WiFi). Останнє вимагає виділення на державному рівні певного частотного діапазону для роботи ПС, як засобу бездротової передачі даних.

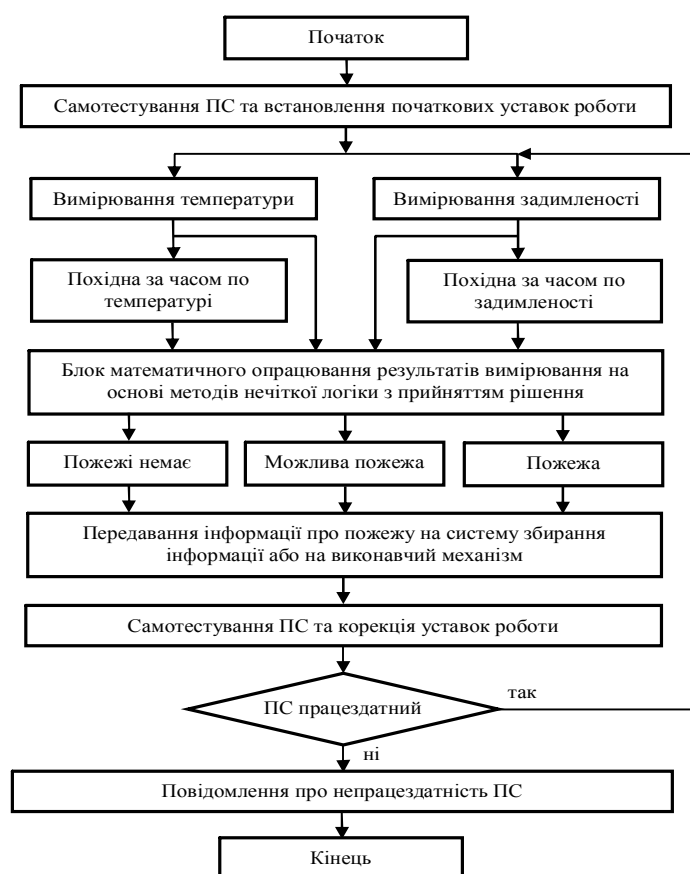


Рис. 2. Алгоритм роботи інтелектуального ПС

Алгоритм роботи інтелектуального ПС представлено на рис. 2. При першому включенні (на об'єкті в умовах нормальної роботи) ПС проводить самотестування працездатності основних блоків, перевіряє наявність зв'язку з виконавчим механізмом пожежегасіння або/і з персональним комп'ютером, вимірює значення температури та задимленості та встановлює початкові уставки роботи (наприклад, температура та задимленість навколишнього середовища за нормальних умов). Якщо під час тестування не виявлено збоїв у роботі, ПС переходить у режим циклічного моніторингу навколишнього середовища.

У кожному циклі роботи ПС вимірюється температура і задимленість на об'єкті та визначаються похідні за часом від температури і від задимленості. Отримані результати передаються у програмний блок математичного опрацювання результатів вимірювання на основі методів нечіткої логіки, що приймає рішення про стан об'єкта: «Пожежі немає», «Можлива пожежа», «Пожежа». Стан «Можлива пожежа» може мати кілька градацій. До прикладу, «Тривога 1-го рівня» – пожежа практично не можлива (спрацював лише один із чотирьох критеріїв аналізу), «Тривога 2-го рівня» – високий рівень ймовірності пожежі (спрацювало більше двох із чотирьох критеріїв аналізу). Залежно від того, яку категорію пожежебезпеки характеризується об'єкт захисту, спрацювання системи пожежегасіння та сигнал тривоги можуть включатися за будь-яким із станів об'єкту, окрім стану «Пожежі немає».

Так, для вибухонебезпечних об'єктів з високим рівнем ризику виникнення пожежі можливе спрацювання за станом «Тривога 2-го рівня» і навіть за станом «Тривога 1-го рівня». Для об'єктів, пожежа малоімовірна, оскільки відсутні швидкозаймисті матеріали, спрацювання системи пожежегасіння відбувається за станом «Пожежа» або за станом «Тривога 2-го рівня». Отримане рішення про стан об'єкту передається на виконавчий механізм пожежегасіння або/і на систему збирання інформації.

ПС переходить до режиму самотестування та корекції уставок роботи. Поновлюється масив вимірних даних, уставки «Температура» та «Задимленість навколишнього середовища» (за умови їх повільної зміни у часі), перевіряється працездатність ПС і т.д. Якщо ПС непрацездатний, відсилається повідомлення про збій роботи ПС на систему збору інформації, яка означає його як непрацездатний. Крім того, якщо за певний час система збирання інформації не отримує повідомлень від конкретного ПС, то даний ПС означається як непрацездатний і повідомлення відображається на екрані монітора (наприклад, даний ПС відзначається червоним кольором і блимає; можливим є також певний звуковий сигнал). Якщо ж ПС працездатний, то здійснюється перехід на новий цикл вимірювання і повторне визначення пожежного стану об'єкта.

#### **Висновки.**

– Оснащення пожежних сповіщувачів 3-го і 4-го поколінь мікроконтролером, розроблення алгоритмічних засад роботи та розвиток алгоритмів опрацювання результатів вимірювання дозволяють покращити експлуатаційні параметри сповіщувачів, а також перейти до бездротової передачі даних, що спрощує встановлення пожежних сповіщувачів на об'єкті.

– За рахунок перенесення опрацювання вимірюваної інформації безпосередньо до пожежних сповіщувачів і застосування математичного апарату нечіткої логіки, системи пожежної сигналізації отримують змогу зменшити час спрацювання й підвищити вірогідність виявлення пожежі, а також урахувати сезонні, добові та інші зміни умов роботи, що, в свою чергу, покращує визначальні параметри систем пожежегасіння.

– У подальшому планується дослідження алгоритмів роботи інтелектуальних пожежних сповіщувачів із застосуванням методу Sugeno і Mamdani [11]. У цьому випадку буде проаналізовано роботу систем пожежної сигналізації при використанні певних типів сповіщувачів за умов конкретних типових пожеж (при заданих рівнях спрацювання за температурою і вмістом диму та її швидкостями їх зміни).

### Список літератури:

1. **Яцишин С.П.** Пожежні сповіщувачі. Засади оптимізації роботи та алгоритми прийняття рішень / Яцишин С.П., Микитин І.П., Кравець І.П. // Пожежна безпека. – № 17. – 2010. – С.14-19.
2. **Щипицын С.М.** Без компромисов. Обнаружение пожароопасной ситуации — это всегда конфликт между эффективностью обнаружения и уровнем ложных тревог / С.М. Щипицын // Пожарная автоматика. – 2007. – Россия. – С.132-133.
3. **Кушнір А.П.** Реалізація пожежного сповіщувача з використанням нечіткої логіки / Кушнір А.П., Копчак Б.Л. // Пожежна безпека. – № 14. – 2009. – С.50-55.
4. **Шаровар Ф.И.** Устройства и системы пожарной сигнализации. Москва : Стройиздат. – 1985. – 375 с.
5. **Колесник В.Т.** Основные принципы проектирования систем пожарной сигнализации / В.Т.Колесник. – Львов. – 2002. – 122 с.
6. [www.apollo-fire.co.uk](http://www.apollo-fire.co.uk)
7. ДСТУ EN54.
8. **ДБН В.2.5-13-98.** Пожежна автоматика будинків і споруд. Київ. – 1999. – 77 с.
9. [www.electronicx.com/securitycctv-alarm-systemsmotion-detectors](http://www.electronicx.com/securitycctv-alarm-systemsmotion-detectors)
10. [www.siemens.com.de](http://www.siemens.com.de)
11. **Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю.** Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. Москва: Физматлит, 2001.

*С.П. Яцишин, И.П. Мыкытын*

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОЖАРНЫЙ ИЗВЕЩАТЕЛЬ С САМОВОССТАНАВЛИВАЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Пожарные извещатели 3-го поколения, которые оснащены микроконтроллером при наличии заданных алгоритмов обработки результатов измерений, характеризуются существенно улучшенными эксплуатационными характеристиками, а также возможностями работы в автономном режиме, что существенно упрощает установку их на объекте. Перенос процесса обработки измеренной информации непосредственно в извещатель, при условии использования микроконтроллера в его составе, дает возможность уменьшить время срабатывания или/и повысить достоверность выявления пожара.

**Ключевые слова:** пожарный извещатель, микроконтроллер, преобразование сигнала, первичный преобразователь, алгоритм принятия решений о чрезвычайной ситуации

*S.P. Yatsyshyn, I.P. Mykytyn*

### INTELLIGENT FIRE DETECTOR WITH OPTIMIZATIONAL PERFORMANCE

Fire detectors of the third generation are equipped with a microcontroller which handles the measurements using some algorithms and therefore are characterized by significantly improved operating performance as well as the opportunity to be exploited in off-line mode. This substantially simplifies the installation of on-site. Transfer processing of the measured data directly into the detector (under the condition of using the microcontroller in its structures) makes it possible to reduce the response time and increase reliability of fire detection.

**Key words:** fire detector, microcontroller, signal conditioning, transducer, algorithm of emergency deciding

