

Vladimir Bakanov<sup>1</sup>  
mgr inż. Julia Mazur<sup>2</sup>

Przyjęty/Accepted/Принята: 07.08.2014;  
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 05.02.2015;  
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.03.2015;

## Problemy kompensacji wahań czułości czujki w normie europejskiej EN 54-7

### Detector Sensitivity Fluctuation Compensation – Problems with the European Standard EN 54-7

### Проблемы компенсации дрейфа чувствительности извещателя в европейском стандарте EN 54-7

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest uzasadnienie konieczności wprowadzenia zmian do obowiązujących międzynarodowych norm dotyczących optycznych pożarowych czujek dymu w części kompensacji wahań ich czułości.

**Wprowadzenie:** Poprawa parametrów pożarowej optycznej czujki dymu nie jest możliwa bez kompensacji wahań czułości. Brak w dokumentach normatywnych EN-54-1 i EN 54-7 niektórych niezbędnych definicji, wymagań technicznych i metod kontroli, co stwarza problemy przy próbie podwyższenia jakości czujek pożarowych. W artykule przedstawiono przykład budowy testowej komory dymowej optycznej czujki dymu. Zaprezentowano główne zasady budowy pożarowych czujek dymu. Przedstawiono zależność sygnału odbiornika od optycznej gęstości powietrza. Postawiono pytania: co to jest czułość optycznej czujki dymu, co to jest wahanie czułości oraz w jaki sposób jest ono związane z „zabrudzeniem”, co to jest „kompensacja wahań” i „graniczna kompensacja wahań”.

**Metody:** Przeprowadzono analizę matematyczną prawidłowości poziomu sygnału na wyjściu odbiornika optycznej czujki dymu od optycznej gęstości powietrza. Przeprowadzono analizę wymagań technicznych i metod kontroli pożarowych czujek z kompensacją wahań czułości.

**Wyniki:** Zauważono wpływ zapylenia komory czujki dymu na czułość czujki. Postawiono zadanie podwyższenia precyzji pomiaru czułości czujki w kanale dymowym. Są określone wymagania do indykacji czujki wielostanowej z kompensacją wahań czułości: konieczność instalowania co najmniej dwóch diod czerwonego i żółtego koloru. Czujka wielostanowa przy osiągnięciu granicznej wartości kompensacji wahań czułości powinna wygenerować na swoim wyjściu sygnał odbierany przez centralę jako sygnał „uszkodzenie czujki”, który nie może powodować zakłócenia przejścia sygnału „pożar” z każdej innej czujki w tym samym obszarze wykrywania pożaru.

**Wnioski:** Sprawdzenie czułości w kanale dymowym nie zastąpi badania pożarów testowych. Bez wysokiej stabilności i powtarzalności czułości na poziomie wartości 0,1 dB/m nie jest zasadne zajmowanie się kompensacją wahań takich czujek. Należy zwiększyć precyzję pomiaru czułości czujki w kanale dymowym dla czujek z kompensacją wahań czułości.

Konieczne jest wprowadzenie do EN 54-7 nowych zapisów, technicznych wymagań i metod kontroli dla czujek wielostanowych z kompensacją wahań czułości.

**Słowa kluczowe:** efekt Tyndalla, jednostkowa gęstość optyczna, kompensacja wahań, pożary testowe, norma EN 54-7

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

<sup>1</sup> PP „ARTON” Czerniowce, Ukraina; wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 60% / PP „ARTON” Ukraine; percentage contribution – 60%;

<sup>2</sup> Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy; Józefów k/Otwocka; jmazur@cnbop.pl; wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 40% / Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute, Poland; percentage contribution – 40%;

## ABSTRACT

**Aim:** The purpose of this paper is to justify the introduction of changes to existing international standards covering optical smoke fire detectors, which utilise sensitivity fluctuation compensation mechanisms.

**Introduction:** Improving the quality of optical smoke fire detectors is not possible without the incorporation of a responsiveness fluctuation compensation mechanism. Current documentation EN 54-1 and EN 54-7, dealing with normative issues, does not contain necessary definitions, technical requirements and details concerning methods of control. These omissions present problems with the development and improvement of optical smoke detectors. The article illustrates a design of a test smoke flue for an optical smoke detector and includes the main construction principles of fire smoke detectors. It also highlights the dependence of photo detector signals on the optical density of air. The article includes a range of questions: What is “sensitivity of an optical smoke sensor”? What is “sensitivity fluctuation” and how is it associated with “contamination”? What is “fluctuation compensation” and “compensation fluctuation boundary”?

**Methods:** Analysis of mathematical calculations concerning receiver output signal levels of the optical sensor, in relation to specific optical density of air. Analysis of technical requirements and control methods for fire detectors, which incorporate sensitivity fluctuation compensation.

**Results:** Identified the influence of smoke detector chamber contamination on the performance of the detectors’ sensor. Undertook to improve the accuracy of measurements performed in the smoke detector flue chamber. Described the requirement for a multi-mode detector with sensitivity fluctuation compensation, to include at least two diode indicators, coloured red and yellow. When a multi-mode detector achieves a ‘boundary’ reading for its sensitivity fluctuation compensation, the system should generate, at the signal exit point, information, which is relayed to the control centre, indicating a “sensor malfunction”, which in turn should not ‘disrupt’ the flow of signals indicating “fire” from any other sensor linked to the same fire detection circuit.

**Conclusions:** Sensitivity test of the detector flue cannot replace fire test checks. Without high stability and recurrence of sensitivity at a value of 0.1 dB / m it is pointless to bother with fluctuation compensation for detectors. For detectors with a sensitivity fluctuation compensation, it is necessary to improve the accuracy of sensor responsiveness in the flue chamber. There is a need to enhance EN 54-7 with new provisions, technical specifications and control mechanisms for multi-mode detectors with sensitivity fluctuation compensation.

**Keywords:** Tyndall effect, specific optical density, fluctuation compensation, test fires, standard EN 54-7

**Type of article:** review article

## АННОТАЦИЯ

**Цель:** Целью статьи является обоснование необходимости введения изменений в действующие международные стандарты на дымовые оптические пожарные извещатели в части компенсации дрейфа их чувствительности.

**Введение:** Повышение качества дымового оптического пожарного извещателя не возможно без компенсации дрейфа его чувствительности. Отсутствие в нормативных документах EN 54-1 и EN 54-7 некоторых необходимых определений, технических требований и методов контроля создает проблемы на пути этого способа повышения качества пожарных извещателей. В статье приведен пример построения камеры дымового сенсора дымового оптического пожарного извещателя. Изложены основные принципы построения дымовых пожарных извещателей. Приведена зависимость сигнала фотоприемника от удельной оптической плотности воздуха. Поставлены вопросы: Что такое „чувствительность дымового оптико-электронного извещателя”? Что такое „дрейф чувствительности” и как он связан с „запыленностью”? Что такое „компенсация дрейфа” и „предельная компенсация дрейфа”?

**Методы:** Проведен анализ математической закономерности уровня сигнала на выходе фотоприемника дымового оптического извещателя от удельной оптической плотности воздуха. Проведен анализ технических требований и методов контроля пожарных извещателей с компенсацией дрейфа чувствительности.

**Результаты:** Выявлено влияние запыленности камеры дымового сенсора извещателя на чувствительность извещателя. Поставлена задача повышения точности измерения чувствительности извещателя в дымовом канале. Определены требования к индикации многорежимного извещателя с компенсацией дрейфа чувствительности: необходимости как минимум двух индикаторов красного и желтого цветов свечения. Многорежимный извещатель при достижении предельного значения компенсации дрейфа чувствительности должен формировать на своем выходе сигнал, воспринимаемый ППКП, как сигнал „Неисправность извещателя”, который не должен препятствовать прохождению сигнала „Пожар” от любого извещателя в той же зоне обнаружения пожара.

**Выводы:** Проверкой чувствительности в дымовом канале нельзя подменить испытания по тестовым пожарам. Без высокой стабильности и повторяемости чувствительности на уровне значения 0,1 дБ/м не имеет особого смысла заниматься компенсацией дрейфа таких извещателей.

Необходимо повысить точность измерения чувствительности извещателя в дымовом канале для извещателей с компенсацией дрейфа чувствительности.

Необходимо введение в EN 54-7 новых положений, технических требований и методов контроля по многорежимным извещателям с компенсацией дрейфа чувствительности.

**Ключевые слова:** эффект Тиндаля, удельная оптическая плотность, компенсация дрейфа, тестовые пожары, стандарт EN 54-7

**Вид статьи:** обзорная статья

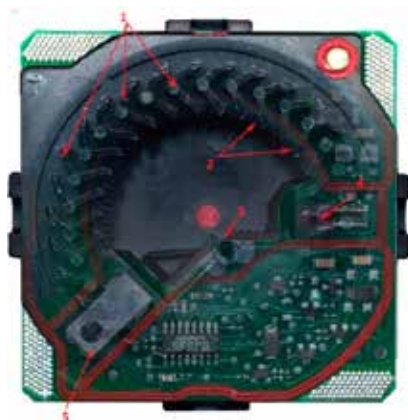
## 1. Wprowadzenie

Poprawa parametrów pożarowej optycznej czujki dymu nie jest możliwa bez kompensacji wahań czułości. Brak w dokumentach normatywnych EN-54-1 i EN 54-7 niektórych niezbędnych definicji, wymagań technicznych i metod kontroli, co stwarza problemy przy próbie podwyższenia jakości czujek pożarowych. W artykule przedstawiono przykład budowy testowej komory dymowej optycznej czujki dymu. Zaprezentowano główne zasady budowy pożarowych czujek dymu.

Przedstawiono zależność sygnału odbiornika od optycznej gęstości powietrza. Postawiono pytania: co to jest czułość optycznej czujki dymu, co to jest wahanie czułości oraz w jaki sposób jest ono związane z „zabrudzeniem”, co to jest „kompensacja wahań” i „graniczna kompensacja wahań”.

## 2. Testowa komora dymowa

Punktowa optyczna pożarowa czujka dymu w swojej konstrukcji wykorzystuje efekt Tyndalla: rozpraszanie światła w środowiskach koloidalnych [1]. W celu zabezpieczenia normalnej pracy czujki należy chronić optyczno-elektroniczny sensor przed oświetleniem zewnętrznym, pochodzącym z naturalnych i sztucznych źródeł światła. Jest wiele różnych konstrukcji komór dymowych dla czujki pożarowej. Przykład jednej z takich konstrukcji przedstawia ryc. 1.



**Рис. 1.** Konstrukcja komory dymowej czujki pożarowej:

1 – obwód komory, 2 – reflektory, 3 – przeszkoda, 4 – nadajnik podczerwieni, 5 – odbiornik [21]

**Fig. 1.** Design of the smoke chamber of the fire detector:

1 – circumference of the chamber, 2 – headlights, 3 – obstruction, 4 – the IR transmitter, 5 – receiver [21]

Komora dymowa zwykle wykonana jest z czarnego plastiku, a w jej obwodzie zbudowane jest nieprzezroczyste dla światła „ogrodzenie”, mające mały opór przed strumieniem powietrza, co pozwala na przenikanie dymu do środka komory. Nadajnik podczerwieni i odbiornik znajdują się pod pewnym kątem względem siebie. Ponieważ intensywność rozproszonego światła jest największa w kierunku strumienia światła, to ten kąt jest rozwarty: 120–135°.

Aby wyeliminować bezpośrednie oświetlenie odbiornika przez nadajnik podczerwieni, w komorze pomiarowej znajduje się przeszkoda z takiego samego czarnego plastiku. Wewnątrz komory pomiarowej znajdują się również reflektory ukierunkowujące promieniowanie podczerwieni tak, aby w czystym powietrzu na odbiornik trafiała tylko znikoma część tego rozproszonego promieniowania. Fakt obecności impulsów małej amplitudy na wyjściu odbiornika, zsynchronizowanych z impulsami promieniowania podczerwieni, tzw. sygnału tła, w czujkach inteligentnych może służyć jako potwierdzenie zdolności do pracy komory pomiarowej (wspólnie z nadajnikiem podczerwieni i odbiornikiem).

Przy małych koncentracjach produktów spalania w powietrzu można uważać, że amplituda impulsów na wyjściu odbiornika jest związana z gęstością optyczną powietrza prawem liniowym [19]:

$$U_a = Am + B \quad (1)$$

gdzie:

$U_a$  – amplituda impulsów na wyjściu odbiornika;

$m$  – jednostkowa gęstość optyczna powietrza;

$A$  – współczynnik proporcjonalności;

$B$  – stała składowa.

Niektórzy producenci pożarowych czujek dymu są zdania, że stała składowa  $B$  we wzorze (1) zależy nie tylko od konstrukcji samej komory pomiarowej, ale jej wartość zmienia się w czasie w zależności od zabrudzenia ścianek wewnętrznych komory pomiarowej w procesie eksploatacji wyrobu.

Problem kompensacji zapylenia czujek dymu nie jest nowy, niejedną raz był poruszany przez rosyjskich autorów [2],[3]. Wiele spornych kwestii zostało podniesionych również na forach internetowych [www.0-1.ru](http://www.0-1.ru) [4-6] podczas dyskusji nad tym problemem. Jego korzenie ukryte są głębiej, aniżeli mogą to zobaczyć

programiści opracowujący tylko oprogramowanie dla urządzeń mikroprocesorowych i nieznający fizycznych zasad pracy pożarowych czujek dymu. Temat jest aktualny również z uwagi na to, iż w normie europejskiej EN 54-7 [7] brakuje metody pomiaru parametrów pożarowych czujek dymu, w których wg deklaracji producenta realizowana jest funkcja kompensacji wahań czułości. Brak w ww. normie również opisu procedury pracy tzw. czujek trzyfunkcyjnych po osiągnięciu granicznej wartości kompensacji wahań.

Przeprowadzona pod tym kątem analiza pokazała, że sam problem kompensacji wahań czułości pożarowej czujki dymu składa się z kilku jednakowo ważnych i nierozwiązanych standardowo zagadnień, które w rzeczywistości określają dzisiejsze wymagania stanu technicznego tego komponentu systemów sygnalizacji pożarowej:

- co to jest „czułość optyczna czujki dymu”;
- co to jest „wahanie czułości” oraz jak ono jest związane z „zabrudzeniem”;
- co to jest „kompensacja wahań” i „graniczna kompensacja wahań”.

Są to główne, ale nie wszystkie pytania, dotyczące przedmiotowego zagadnienia.

### 3. Czułość czujki dymu

W normie EN 54-7 nie zawarto definicji pojęcia „czułość optycznej czujki dymu”, brak tej definicji również w normie EN 54-1 [8]. Tymczasem to pojęcie jest szeroko wykorzystywane na przykład w pkt. 4.8 i 5.18 te same normy. Na pewno można zinterpretować czułość czujki jako jej próg zadziałania (patrz pkt. 3.1.1), ponieważ punkt 5.1.5 normy, na który powołuje się wskazane odniesienie, w normie europejskiej nazywa się: *measurement of response threshold value* – „pomiar wartości progu zadziałania”.

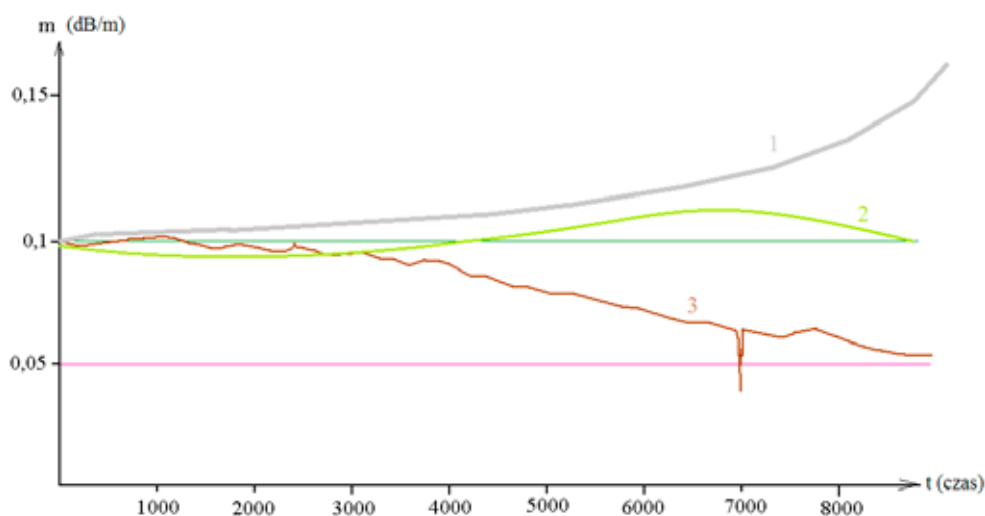
Jednak w pkt 5.18 czułość pożarowej czujki dymu rozpatruje się jako zagadnienie ogólnikowe, dotyczące nie tylko dymu bawełnianego, i nie w dokładnie określonych w pkt. 5.1.5 warunkach pomiaru tej czułości.

Intuicyjnie wiadomo, że między czułością czujki na dym bawełniany w kanale dymowym i czułością na pożary testowe istnieje określona korelacja. Lecz jaka ona jest? Jaki jest sens mówienia o kompensacji zabrudzenia dla czujki dymu z czułością 0,19 dB/m w kanale dymowym, jeśli taki wyrób w ogóle nie przechodzi badań pożarów testowych, na przykład TF-5? Opublikowanych badań tego rodzaju praktycznie nie ma, a znane publikacje tylko częściowo omawiają problem [9–11]. Ponieważ pojęcia „wahanie” i „kompensacja wahań” są związane z liczbowymi wartościami, to najbardziej właściwe będzie zatrzymanie się na interpretacji czułości czujki z jej wartością progu zadziałania.

Jeżeli w procesie produkcji seryjnej udało się osiągnąć stabilność i powtarzalność czułości w granicach  $(0,1 \pm 0,02)$  dB/m w kanale dymowym, to z dużym prawdopodobieństwem takie czujki przejdą badania we wszystkich pożarach testowych. I tylko po tym można przejść do rozwiązania problemu kompensacji wahań czułości czujki dymu.

### 4. Wahanie

Na powtarzalność czułości w długich odstępach czasowych wpływa mnóstwo czynników. A wpływ czynników jest różny w zależności od ich wielkości, od warunków atmosferycznych oraz rodzaju pomieszczeń. Działanie tych czynników może być regularne, okresowe albo przypadkowe. Przykłady możliwych zmian czułości w czasie przedstawia ryc. 2.



Ryc. 2. Zmiana czułości czujki dymu w czasie [19]  
Fig. 2. Changing of the sensitivity of factors at the time [19]

Obniżenie czułości czujki (krzywa 1) może być spowodowane „starzeniem się” nadajnika podczerwieni, gdy w procesie eksploatacji wyrobu zmniejsza się moc promieniowania z powodu stopniowego wzrostu bezpośredniego spadku napięcia na diodzie podczerwieni niskiej jakości.

Wpływ temperatury otaczającego powietrza również może wpływać na moc nadajnika podczerwieni. W tym przypadku (patrz krzywa 2) wpływ będzie okresowy, prowadzący do wzrostu i do spadku czułości czujki.

Krzywa 3 pokazuje, jak na tle procesów losowych występuje regularne zwiększenie czułości czujki, na przykład na skutek gromadzenia się pyłu na wewnętrznych ściankach komory pomiarowej, gdy szczególnie zwiększa się intensywność rozpraszania promieniowania podczerwieni.

Niewskazane jest zwiększenie czułości czujki do wartości 0,05 dB/m, ponieważ zwiększa się

prawdopodobieństwo fałszywego zadziałania poprzez przypadkowe lub regularne elektromagnetyczne zakłócenia lub zwyczajnie poprzez zwiększenie koncentracji pyłu w powietrzu. Przy normalnej koncentracji pyłu gęstość optyczna powietrza może osiągać wartość nie większą 0,02 dB/m, jak na poziomie błędu pomiarowego przyrządu. Właśnie na podstawie ww. lub mniejszych wartości otrzymanych z urządzenia pomiarowego zaczynają się badania w kanale dymowym oraz w komorze pożarów testowych.

Najmniejsze cząsteczki pyłu w powietrzu zwykle nie są widoczne, ale to nie znaczy, że ich nie ma. Właśnie w komorze pomiarowej są wykrywane drobne cząsteczki produktów spalania oraz pyłu. Jak dzięki efektowi Tyndalla w komorze pomiarowej można „zobaczyć” niewidzialne cząsteczki, graficznie przedstawiono na ryc. 3 [12].



**Рис. 3.** Drobne cząsteczki produktów spalania oraz pyłu [19]

**Fig. 3.** Small particles of combustion products and dust [19]

W procesie eksploatacji czujki, wskutek osadzenia się kurzu na poziomej płaszczyźnie jednej z wewnętrznych ścianek tej komory zwiększa się prawdopodobieństwo fałszywego zadziałania takiej czujki, jeżeli serwis/przeгляд techniczny nie będzie przeprowadzany regularnie. Nawarstwiony wewnątrz sensora dymu kurz podczas nieoczekiwanego gwałtownego podmuchu powietrza może spowodować „burzę pyłową” wewnątrz komory do tego stopnia, że jednostkowa gęstość optyczna powietrza przekroczy wartość progu zadziałania czujki. Istnieje również ryzyko wystąpienia sytuacji, gdy większa cząstka pyłu „przyklei się” bezpośrednio do bariery znajdującej się pomiędzy odbiornikiem a nadajnikiem podczerwieni, stwarzając wtórne źródło promieniowania, widoczne dla odbiornika, przy czym

amplituda impulsu na jego wyjściu przekroczy wartości progowe. Stopniowy wzrost czułości czujki spowodowany jest wzrostem intensywności rozproszonego światła podczerwieni w wyniku nagromadzenia się kurzu prowadzącego do zmiany koloru z czarnego na szary jednej ze ścianek komory. Jednak takie płynne zwiększenie czułości – jest to tylko jeden z możliwych sposobów rozwoju procesu wewnątrz komory pomiarowej podczas eksploatacji czujki.

Jeżeli odbiornik „widzi” zmianę koloru na jednej ze ścianek komory pomiarowej, czy to oznacza, że została źle skonstruowana? Czy w takim przypadku wady projektowe powinny być usuwane metodą przeprogramowania procesora? W rzeczywistości przecież są czujki, na przykład 850PH czy 830PH, u których niski

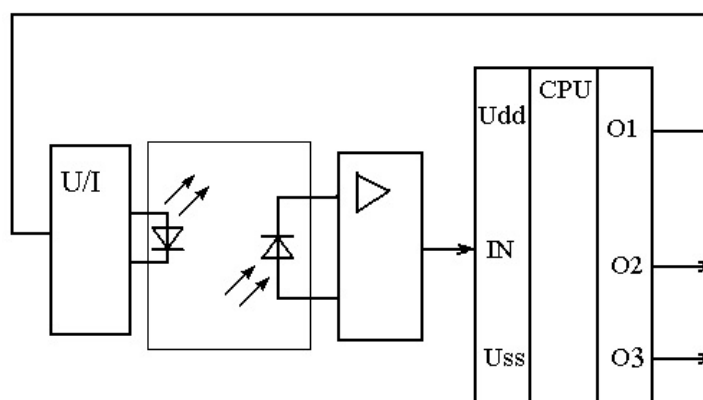
poziom sygnału tła pozwolił na wykonanie wewnętrznej części komory dymu z szarego plastiku w kolorze pyłu. To oznacza, że osadzanie się pyłu na ściankach komory koloru szarego nie zniekształca wyników pomiarowych optycznej gęstości środowiska. Jak podkreśla autor publikacji [13]: w trakcie eksploatacji owych czujek w pomieszczeniach biurowych w ciągu 1,5 roku poziom tła u nich w ogóle się nie zmienił.

Oczywiście można wyeliminować wpływ temperatury otoczenia, doprowadzając współczynnik tej zależności blisko wartości jeden, przy pomocy nieskomplikowanych technik projektowania obwodów. Na przykład poprzez zmianę prądu płynącego przez diodę podczerwieni można skompensować wpływ temperatury na całym obwodzie pomiarowym czujki [14] w całym zakresie roboczych temperatur wyrobu.

Poprzez dobór wysokiej jakości diod podczerwieni, których moc promieniowania praktycznie się nie zmienia w czasie, można całkowicie wyeliminować obniżanie się czułości czujek w trakcie ich eksploatacji.

## 5. Kompensacja

Oczywiście, można rozwiązać problem kompensacji wahań czułości drogą programowania, stosując w czujkach współczesne mikroprocesory z niezależną od prądu pamięcią. Dlatego szczegółowo zatrzymamy się na zasadach przetwarzania sygnału przez mikroprocesor optycznej czujki dymu, której schemat blokowy przedstawia ryc. 4.



Ryc. 4. Schemat blokowy mikroprocesora [19]  
Fig. 4. The block diagram of the microprocessor [19]

Z pierwszego wyjścia O1 mikroprocesora CPU sygnał trafia na przetwornik napięcie-prąd U/I, który steruje pracą nadajnika podczerwieni. Rozproszone w komorze pomiarowej promieniowanie jest mierzone przez odbiornik składający się z diody i zasilacza. Z odbiornika sygnał określonej amplitudy trafia na wejście analogowe IN mikroprocesora CPU. Po przetworzeniu sygnału przez wbudowany analogowo-cyfrowy przetwornik zaczyna się jego obróbka i analiza. Wyniki końcowe pracy mikroprocesora CPU wyprowadzane są na jego wyjścia O2 i O3 w postaci sygnałów logicznych „alarm” i „uszkodzenie”.

Zadanie, które powinien wykonać program kompensacji wahań, realizowane w mikroprocesorze – jest to zapewnienie stałej czułości czujki przy różnych czynnikach, wpływających na powolną zmianę amplitudy sygnału, trafiającego na jego wejście analogowe. W procesie eksploatacji poziom sygnału tła na wyjściu odbiornika w czystym powietrzu może się zmieniać (zarówno wzrastać, jak i maleć). Takie zmiany spowodowane są na przykład, osadzeniem się pyłu na ściankach komory pomiarowej lub starzeniem się

podzespołów elektronicznych, w pierwszej kolejności diody nadajnika podczerwieni. Przy czym niektóre zmiany wpływają na obydwa współczynniki A i B z liniowego równania (1), inne tylko na współczynnik B – stały składnik równania.

Wybór algorytmu kompensacji jest trudnym zadaniem. Jednocześnie należy mieć na uwadze, że kompensacja nie może być prowadzona nieskończenie. Przy wyjściu badanego sygnału wejściowego za ustalone granice mikroprocesor zobowiązany jest sformułować sygnał wyjściowy „uszkodzenie” podczas osiągnięcia granicznej kompensacji wahań lub sygnał „alarm pożarowy”, jeżeli wzrost sygnału wejściowego będzie wyprzedzał prędkość jego kompensacji.

Właśnie dlatego norma europejska EN 54-7 w punkcie 4.8 oraz w załączniku L zaleca wprowadzenie funkcji kompensacji wahań w celu utrzymania stałej czułości czujki w czasie. Twórcy niniejszego dokumentu normatywnego uważają, że kompensacja osiągana jest poprzez zmianę progu zadziałania czujki w celu równoważenia wahań amplitudy sygnału na wyjściu odbiornika, przede wszystkim skierowanego w stronę jej wzrostu.

Jednak ujęta w programie obróbki mikroprocesora tylko taka kompensacja wahań może obniżyć czułość czujki. Przy powolnym rozwoju pożaru zwiększenie jednostkowej gęstości optycznej powietrza też będzie powolne, a pracujący mechanizm kompensacji może doprowadzić do pojawienia się sygnału „uszkodzenie” zamiast „alarmu pożarowego”. Cel wymagań punktu 4.8 a) – kompensacja nie powinna obniżać czułości do niedopuszczalnego poziomu w warunkach zadymienia od powoli rozwijającego się ogniska pożaru.

Dla spełnienia tego celu w normie przyjmuje się, że rozwój pożaru, który stwarza poważne zagrożenie dla życia lub mienia, zostanie przeprowadzony tak, że gęstość optyczna powietrza ulegnie zmianie z prędkością nie mniejszą niż  $A/4$  na godzinę, gdzie  $A$  – wartość nominalna progu zadziałania czujki, np. 0,1 dB/m. Dla mniejszych prędkości zmiany jednostkowej gęstości optycznej nie wymagają sprawdzenia pogorszenia czułości czujki. Istnieje ograniczenie w pkt. 4.8 b) wskazujące na wymaganie, żeby dla wszystkich prędkości zmian wartość progu czułości nie wzrastała bardziej niż 1,6-krotnie w porównaniu z początkowym poziomem kształtowania sygnału alarmu w przypadku braku kompensacji.

Tym samym we wskazanym punkcie sformułowano specyfikacje wymagań dla czujek posiadających funkcję kompensacji wahań czułości, natomiast w normie nie zawarto metody ich sprawdzenia. Możliwe, że 15-20 lat temu np. wnioski również odzwierciedlał poziom rozwoju techniki pomiarów parametrów optyczno-elektrycznych:

„Ze względu na to, że praktycznie nie jest możliwe przeprowadzenie badania w warunkach bardzo powolnego wzrostu stężenia dymu, oceny reagowania czujki w zbliżonych warunkach można dokonać na podstawie analizy programu (oprogramowania) i (lub) przeprowadzenia testów fizycznych i symulacji” [20].

Jednak obecnie takie uzasadnienie niemożności przeprowadzenia testów pożarowych czujek dymu, posiadających funkcję kompensacji wahań czułości, wygląda archaicznie. Podczas tych testów przecież nie jest wymagana niska i stabilna prędkość laminarnego przepływu powietrza, wystarczy podtrzymywać w ciągu czasu trwania badania (ok. 8h) gęstość optyczną powietrza w komorze testowej i zapewnić jej wzrost z zadaną prędkością. Oczywiście w komorze testowej należy zapewnić jednorodność zadymienia o zróżnicowaniu nie większym niż 0,3 dB/m, dlatego konieczne jest zwiększenie precyzji pomiaru [15]. Z tego wynika, że nie ma szczególnych trudności w stworzeniu stanowiska kontroli czujek w warunkach zadymienia od powoli rozwijającego się ogniska pożaru, natomiast producenci wprowadzą takiego rodzaju urządzenia

dopiero po ukazaniu się regulacyjnych wymagań w normie dla tego typu produktu.

## 6. Graniczna kompensacja wahań

W normie nie sprecyzowano, czy wystarczy sprawdzić czułość w warunkach powoli rozwijającego się ogniska pożaru, czy wymagane jest sprawdzenie kształtowania sygnałów „uszkodzenie” przy osiągnięciu granicznej kompensacji wahań oraz przy braku sygnału tła.

Jednak w tej chwili w EN 54-7 nie zawarto wskazań, jaki stan powinna przyjąć czujka, jeśli w procesie przeprowadzenia kompensacji osiągnęła wartość, której wielkość jest ograniczona normą. Brak zaleceń również w innym standardzie ISO/DIS 7240-7.2 [16]. Zagadnienie kompensacji wahań czułości obydwie europejskie normy traktują podobnie.

Techniczne zachowanie czujki jest przewidywalne, jeżeli proces wzrostu sygnału pochodzącego z optyczno-elektrycznego sensora czujki nie zatrzyma się, a kompensacja będzie zakończona – taka czujka w najbliższej przyszłości przekaże do centrali fałszywy alarm pożarowy. Natomiast sama czujka będzie wymagała przeglądu technicznego. Pozostaje pytanie, czy po przeprowadzeniu przeglądu technicznego czujka, po stwierdzeniu powrotu sygnału do stanu początkowego lub zbliżonego do początkowego, automatycznie w określonym czasie powinna powrócić do trybu dozoru. Czy taka czujka po przeglądzie technicznym powinna być przeprogramowana? Różni producenci w tym przypadku postępują odmiennie, lecz oczywista staje się konieczność wyświetlenia na samej czujce stanu przedawaryjnego. Pożądana jest również możliwość przekazania od czujki do centrali zawiadomienia o konieczności przeprowadzenia dla niej przeglądu technicznego, tj. raportowania o uszkodzeniu czujki.

Z przedstawionej w załączniku L metodologii wynika, że procedura kompensacji wahań jest to długi proces, który może zostać utracony przez jakąkolwiek przerwę w zasilaniu czujki, ponieważ jej mikroprocesor nie zawiera pamięci niezależnej od zasilania lub procedura stosowana do tej pamięci nie jest chroniona przed przypadkowymi awariami zasilania. Jednak ten warunek nie przeszkadza niektórym producentom reklamować swoje czujki jako posiadające „kontrolę zapylenia”, pomimo że w ich produktach są stosowane mikrosterowniki nawet bez pamięci EEPROM.

Wyłącznie rzeczywiste badanie czujek, w zmieniających się warunkach jednostkowej gęstości optycznej powietrza wg określonego programu, jest w stanie zidentyfikować czujki, które faktycznie zapewniają stabilną czułość w długim okresie czasu. Osoby badające

powinny oceniać parametry tych wyrobów nie na podstawie teoretycznej analizy obwodu i oprogramowania, ale wg stanu sygnałów na wyjściu czujki lub co najmniej na podstawie reakcji czujki w procesie zmiany jednostkowej gęstości optycznej powietrza otaczającego czujkę.

## 7. Wskaźniki stanu czujki

Czujka powinna diagnozować swój stan i sygnalizować go za pomocą diod. Dlatego istotnym czynnikiem służącym identyfikacji stanu czujki jest liczba diod oraz kolor ich wyświetlenia.

Zgodnie z międzynarodową normą [17] sygnał uszkodzenia powinien być żółtego koloru. A to oznacza, że taka czujka powinna zawierać wskaźniki (indykatory) w różnych kolorach świecenia: czerwonym i żółtym. Wskazane jest, aby czujka zawierała dwie diody. Ponieważ niewykluczona jest sytuacja, że po osiągnięciu wartości granicznej kompensacji, kiedy nie przeprowadzi się przeglądu technicznego czujki, przejdzie ona w stan alarmu pożarowego. Z kolei powiadomienie, że czujka przez długi czas znajdowała się w stanie uszkodzenia, powinno pozostać na samej czujce.

Podczas świecenia się na czujce dwóch diod – czerwonej i żółtej, od razu będzie wiadomo, jaka jest przyczyna przejścia czujki w stan alarmu pożarowego.

Jednak obecność wielobarwnej indykacji na czujce nie oznacza jeszcze, że produkt ten spełnia definicję

wskazaną w punkcie 3.1.18 EN 54-1:1998: „3.1.18 Czujka wielostanowa (*multi-state detector*) – czujka z jednym wyjściem dla ograniczonej liczby stanów stałych (więcej niż 2) tzn. dla stanów dozoru, alarmu i innych” [8].

Istotne jest również to, że czujka wielostanowa podczas osiągnięcia granicznej wartości kompensacji wahań czułości powinna formować na swoim wyjściu sygnał odbierany przez centralę jako sygnał „uszkodzenie czujki”, który nie może powodować zakłócenia przejścia sygnału „pożar” z każdej innej czujki w tym samym obszarze wykrywania pożaru.

## 8. Wnioski

Jest mało prawdopodobne, aby testowaniem czułości w kanale dymowym można było zastąpić przeprowadzenie badań wg pożarów testowych, jednak określona zależność widocznie istnieje.

Bez wysokiej stabilności i powtarzalności czułości na poziomie o wartości 0,1 dB/m nie ma sensu zajmować się kompensacją wahań takich czujek.

Aby umożliwić wykrywanie obecności wahań czułości czujki dymu oraz przeprowadzać jego kompensację, konieczna jest poprawa dokładności normatywnej sprzętu pomiarowego.

Istnieje potrzeba wprowadzenia nowych postanowień do normy europejskiej dot. pożarowych czujek dymu, które byłyby związane z wymaganiami dla czujek wielostanowych.

## Literatura

- [1] *Bol'shaya Sovetskaya Enciklopediya*, t.25, s. 559.
- [2] Neplokhov I. G. *Chuvstvitel'nost' dymovogo izveshchatelya i yego kontrol'*, „Algorytm Bezopasnosti” Issue 5, 2007.
- [3] Neplokhov I. G. *Pozharnyye izveshchateli: trebuvaniya standartov serii EN54*, „Sistemy Bezopasnosti” Issue 2, 2011.
- [4] <http://www.0-1.ru/discuss/?id=22065#46> Veb-forum 01-ru [19.05.2013].
- [5] <http://www.0-1.ru/discuss/?id=19461> Veb-forum 01-ru [06.09.2012].
- [6] <http://www.0-1.ru/discuss/?id=19416#32> Veb-forum 01-ru [13.01.2013].
- [7] EN 54-7:2000/A2:2006 Fire detection and fire alarm systems. Part 7: Smoke detectors. Point detectors using scattered light, transmitted light or ionization.
- [8] EN 54-1:1998 Fire detection and alarm systems – Part 1: Introduction.
- [9] Fyodorov V.Yu., Butsynskaya T.A., *Matematicheskaya model' obnaruzheniya pozhara dymovymi tochechnymi izveshchatelyami*, Internet-zhurnal „Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti” Issue 1, 2012.
- [10] Bakanov V., *Vzglyad na pozarnyye dymovyye izveshchateli cherez prizmu testovykh pozharov Chast' 1*, „Sistemy Bezopasnosti”, Issue 1, 2010.
- [11] Bakanov V., *Vzglyad na pozarnyye dymovyye izveshchateli cherez prizmu testovykh pozharov Chast' 2*, „Sistemy Bezopasnosti” Issue 2, 2010.
- [12] Shl Yu., *Dymovoy pozharnyy izveshchatel' (opticheskaya kamera)*, [http://oruki.ru/publ/signalizacija/pozharnaja\\_signalizacija/opticheskaja\\_kamera\\_glavnyj\\_ehlement\\_dymovogo\\_pi/6-1-0-40](http://oruki.ru/publ/signalizacija/pozharnaja_signalizacija/opticheskaja_kamera_glavnyj_ehlement_dymovogo_pi/6-1-0-40).
- [13] *Unikalnyye tekhnologii Tyco*, „Algorytm Bezopasnosti” Issue 3, 2013.



- [14] Abushkevich V.A., Bakanov V.V., Misevich I.Z., Patent na izobreteniyе Rossiyskoy Federacii No. 2306613 „Dymovoy pozharnyy izveshchatel”, byul. 26, 2007.
- [15] Bakanov V., *Vysokoye kachestvo dymovogo izveshchatelya nedostizimo bez povysheniya tochnosti izmereniy*, „Algoritm Bezopasnosti” Issue 4, 2012.
- [16] ISO/DIS 7240-7.2 Fire detection and alarm systems – Part 7: Point-type smoke detectors using scattered light, transmitted light or ionization.
- [17] GOST R MEK 60073-2000 Markirovka I oboznacheniya organov upravleniya i kontrolnykh ustroystv. Pravila kodirovaniya informacii.
- [18] Fedorov A., Bytcinskaya T., Lukyanchenko A., Tran Dong Hung, *Tendentsii razvitiya avtomaticheskikh pozharnykh izveshchateley*, “Metody, metodika, apparatura, tekhnika” Issue 2, 2009, p. 112.
- [19] Bakanov V., *Problema kompensatsii dreyfa chuvstvitel'nosti po DSTU EN 54-7*, „Zhurnal TZ Ukraina”, No. 3 2013, [http://www.arton.com.ua/downloads/publications/problema\\_kompens\\_dreifa\\_chystviteln\\_po\\_dsty\\_tz4/](http://www.arton.com.ua/downloads/publications/problema_kompens_dreifa_chystviteln_po_dsty_tz4/) [01-2014].
- [20] <http://0-1.ru/discuss/> / <http://0-1.ru/discuss/?id=10548> Veb-forum 01-ru [13.01.2013].
- [21] Bakanov V., *Dymovyye optiko-elektronnyye tochechnyye pozharnyye izveshchateli. Osnovnyye skhemnyye resheniya. Chast' 1.1. Blok-skhemy* [dokument elektr.] <http://daily.sec.ru>.

\* \* \*

**Vladimir Bakanov** – absolwent Wydziału Fizyki Uniwersytetu Narodowego w Czerniowcach (Ukraina), autor ponad 100 wynalazków i ponad 100 artykułów naukowo-technicznych. Ma tytuł „Mistrz radiokonstruktor” i „Wynalazca ZSRR”, otrzymał medale WOGK ZSRR (Wystawa Osiągnięć Gospodarki Krajowej Związku Radzieckiego).

**mgr inż. Julia Mazur** – absolwentka Wydziału Informatyki Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Nauk Społecznych w Otwocku, Wydziału Administracji na Uczelni Łazarskiego w Warszawie, autorka i współautorka artykułów naukowo-technicznych w czasopismach krajowych i zagranicznych.