

*А.П. Кушнір, канд. техн. наук, доцент, І.П. Кравець, канд. техн. наук, доцент,
А.Ф. Гаврилюк (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

АЛГОРИТМ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА ІЗ ЗМІННИМ ПОРОГОВИМ РІВНЕМ СПРАЦЮВАННЯ

Обґрунтовано необхідність розробки теплового пожежного сповіщувача із змінним пороговим рівнем спрацювання. Запропоновано алгоритми роботи теплового пожежного сповіщувача, які дають змогу змінювати пороговий рівень спрацювання. Перший алгоритм роботи забезпечує функціонування сповіщувача без інформації про режими роботи технологічного обладнання. Другий потребує контролю режимів роботи технологічного обладнання. Ці сповіщувачі можна використовувати на об'єктах, де необхідно враховувати швидкість зміни температури навколишнього середовища не лише від впливу кліматичних умов, але й від впливу технологічного обладнання, а також, де немає можливості використати інші типи сповіщувачів.

Ключові слова: система пожежної сигналізації, тепловий пожежний сповіщувач, максимальний тепловий пожежний сповіщувач, максимально-диференціальний пожежний сповіщувач, температура спрацювання пожежного сповіщувача.

А.П. Кушнір, І.П. Кравець, А.Ф. Гаврилюк

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ПОРОГОВЫМ УРОВНЕМ СРАБАТЫВАНИЯ

Обосновано необходимость разработки теплового пожарного извещателя с переменным пороговым уровнем срабатывания. Предложены алгоритмы работы теплового пожарного извещателя, которые позволяют изменять пороговый уровень срабатывания. Первый алгоритм работы обеспечивает функционирование извещателя без информации о режимах работы технологического оборудования. Второй требует контроля режимов работы технологического оборудования. Данные извещатели можно использовать на объектах, где необходимо учитывать скорость изменения температуры окружающей среды не только от влияния климатических условий, но и от влияния технологического оборудования, а также, где нет возможности использовать другие типы извещателей.

Ключевые слова: система пожарной сигнализации, тепловой пожарный извещатель, максимальный тепловой пожарный извещатель, максимально-дифференциальный пожарный извещатель, температура срабатывания пожарного извещателя.

А. Kushnir, I. Kravets, A. Gavrilyuk

HEAT DETECTOR WITH VARIABLE THRESHOLD LEVEL OF TRIGGERING

The necessity of developing a heat detector with variable threshold level of triggering has been proved in the article. Algorithms of a heat detector enabling to change the threshold level of triggering have been suggested. The first algorithm ensures the operation of the detector without information about modes of technological equipment, while the second one requires controlling the modes of technological equipment. Both detectors can be used at sites where it is necessary to take into account the speed of environmental temperature change, depending on climatic conditions effects and technological equipment impact, and where there is no possibility to use other detector types.

Keywords: fire alarm system, heat detector, static of heat detector, static-differential of heat detector, response temperature detector.

Постановка проблеми. Ефективна робота системи пожежної сигналізації (СПС) у цілому залежить від правильного вибору та розміщення пожежних сповіщувачів (ПС), що повинні забезпечувати надійне виявлення вогнища займання на ранній стадії розвитку. Вибираючи та розміщуючи ПС необхідно враховувати: призначення та категорію захищеного приміщення; особливості технологічного процесу; обладнання, яке знаходиться на об'єкті; матеріали, що складають пожежну навантагу в зоні контролю; напрямки поширення вогню; об'ємно-планувальні характеристики приміщення; дію вентиляції та опалення; розміщення і вид електричних мереж, нагрівальних пристроїв в контрольованому приміщенні тощо. Крім того, ефективна робота ПС залежить від того, наскільки ефективно розроблено і запрограмовано алгоритми роботи ПС, які критерії спрацювання вибрано за основу і як забезпечується виконання цих критеріїв, яким чином реалізується сезонна, щоденна чи щогодинна зміна порогового рівня спрацювання ПС. Створення алгоритму роботи ПС, який дає змогу на ранній стадії і безпомилково виявити вогнище займання, вважається складним завданням, оскільки в основу вирішення закладається компроміс між швидкістю виявлення вогнища пожежі і вірогідністю помилкового спрацювання. Чим більша чутливість ПС до контрольованих ознак пожежі, тим більша вірогідність помилкового спрацювання. На практиці помилкове спрацювання СПС спричиняє матеріальні затрати, пов'язані з евакуацією людей, приїздом пожежно-рятувального підрозділу і т. ін. Як наслідок, закладається недовіра до системи безпеки, що призводить до випадків ігнорування попереджувальних сигналів, навіть у випадку реальної небезпеки.

Вважають, що тепловим ПС властива більша інерційність, порівняно з димовими сповіщувачами та сповіщувачами полум'я. Однак вони є найбільш ефективними у випадку, коли передбачається значна потужність вогнища пожежі з інтенсивним виділенням теплового потоку на початковій стадії, а також, коли неможливо застосувати інші типи сповіщувачів, оскільки там наявні чинники, які можуть призвести до їх хибних спрацювань, наприклад, через низьку димоутворювальну здатність горючих матеріалів; коли поширення диму утруднене; в повітрі наявна висока концентрація будь-яких аерозольних часток, що не мають жодного відношення до процесів горіння; через заповиленість приміщення тощо.

Існують об'єкти, де при виборі теплових ПС необхідно враховувати швидкість зміни температури навколишнього середовища, водночас залишаючись у діапазоні температур використання, не лише від впливу кліматичних умов, але й від впливу технологічного обладнання та неможливо використати інші типи сповіщувачів. До таких об'єктів належать кухні, котельні, горища з металевим покриттям тощо. В таких приміщеннях заборонено встановлювати максимально-диференціальні теплові ПС. У той же час існують об'єкти, де температура змінюється дуже швидко протягом короткого часу та виходить за температурні діапазони використання сповіщувачів, наприклад, замкнуті частини технологічного устаткування; приміщення, де протікають відповідні технологічні процеси без участі людей; моторні відсіки транспортних засобів. В цих випадках у максимальних теплових ПС слід передбачити зміну порогового рівня спрацювання.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Теплові ПС за принципом реагування бувають: максимальні, диференціальні і максимально-диференціальні. Хоча в ДСТУ EN 54-1:2003 [1] ці сповіщувачі класифікують як максимальні, диференціальні і динамічні. Отже, є певна невідповідність. Однак, як стверджує автор у роботі [2], нічого страшного в цьому немає, оскільки це лише назва типу за характером будови сповіщувача для виявлення змін параметрів ознак пожежі.

Вибрати тип теплового ПС, який необхідно встановити на об'єкті, є непростою задачею. Для цього необхідно враховувати класи сповіщувачів зі значеннями їх нормальної та максимальної температури використання, мінімальної та максимальної статичної температури спрацювань, згідно з вимогами ДСТУ EN – 54-5:2003 [3]. Також, в пункті 6.4.3 стандарту ДСТУ-Н CEN/TS 54-14:2009 [4] наведено вимоги, якими повинен керуватися проєктант у процесі вибору

теплових ПС. У цьому пункті зазначено, що “теплові ПС динамічного типу придатніші для застосування за умов, коли температура навколишнього середовища низька або змінюється лише повільно. Проте максимальні теплові ПС придатніші для використання за умов, коли навколишня температура може швидко змінюватися протягом коротких проміжків часу”. У цих вимогах закладена певна невідповідність. Чому ПС динамічного типу придатніші, коли температура змінюється лише повільно? Адже ПС динамічного типу, згідно з визначенням, наведеним в ДСТУ EN 54-1:2003 [1], – це сповіщувач, який формує сигнал, коли швидкість зміни величини контрольованої ознаки пожежі перевищує протягом достатнього проміжку часу визначене значення, тобто вони спрацьовують, коли є швидка зміна температури.

Диференціальні теплові сповіщувачі ефективніші за звичайні максимальні теплові. Як стверджують автори [2, 5] у деяких випадках за ефективністю вони можуть конкурувати з димовими пожежними сповіщувачами. Однак, диференціальні теплові сповіщувачі – чутливіші і можуть видавати помилкові сигнали тривоги при значних коливаннях температури, обумовлених технологічними процесами; максимальні ж теплові сповіщувачі в умовах значних коливань температур за короткі проміжки часу працюють стабільніше.

Суто диференціальних теплових ПС виробники не випускають, оскільки, згідно з ДСТУ EN 54-5:2003 [3], усі теплові ПС, не залежно якого вони типу, повинні пройти випробування відповідно до розділу 5 даного нормативного документа, а цей розділ стосується випробування сповіщувачів максимального типу. Зараз виробники почали дедалі більше випускати максимально-диференціальні теплові ПС [6], наприклад, сповіщувачі ИПК-7 Прем'єр (виробник СКБ “Електронмаш”, Україна), ТПТ-4 (виробник ПП “Артон”, Україна) і ін. У таких сповіщувачах намітилася їх інтелектуалізація і застосування цифрової обробки інформації, при якій робота здійснюється з одним термоелементом [7]. При цьому диференціальний канал забезпечує порівняння поточного значення із значенням, що зберігається в пам'яті ПС, а швидкість зміни визначається за вбудованим таймером.

В таких приміщеннях, як кухні, котельні, горища з металевим покриттям заборонено встановлювати максимально-диференціальні теплові ПС. Для них рекомендуються теплові сповіщувачі температурного класу, які позначаються літературою S (їх ще називають максимально-інерційними тепловими сповіщувачами [2]). Сповіщувачі цього класу не спрацьовують нижче мінімальної статичної температури спрацьовування, навіть при великих швидкостях наростання температури навколишнього середовища.

Максимальні теплові ПС підбирають так, щоб мінімальна статична температура спрацьовування перевищувала нормальну температура використання (не більше, ніж на 29°C [3]) і максимальну температуру використання (не більше, ніж на 4 °C [3]). Зрозуміло, що чим менша різниця між мінімальною статичною температурою спрацьовування і температурою використання, тим більша вірогідність помилкових спрацьовувань. В той же час, із збільшенням цієї різниці знижується вірогідність виявлення загоряння на ранніх стадіях. Є значна кількість промислових об'єктів, де опалення непередбачене і використання димових ПС не можливе з причин, про які говорилося вище. Теплові ПС, які працюють за максимальним принципом дії, заборонено використовувати на об'єктах, де можлива температура нижча за 0°C, оскільки виявлення пожежі такими сповіщувачами відбувається із затримкою в часі порівняно з виявленням пожежі, яка може відбутися при додатних температурах. Тоді виходить, що залежно від пори року і температури повітря необхідно весь час змінювати клас теплового ПС або необхідно на програмному рівні передбачити зміну порогового рівня спрацьовування, що легше і не потребує додаткових затрат. Також, внаслідок специфіки технологічного процесу, виникає ситуація, коли поріг спрацьовування теплового ПС повинен змінюватися так само, як у димового ПС чутливість, а використання максимально-диференціального теплового сповіщувача не можливе.

Про необхідність на конструктивному або програмно-технічному рівнях коректувати рівень порогового значення спрацьовування йшла мова в роботах [7, 8]. Автори аналізують шляхи побудови, програмування та використання інтелектуальних ПС на основі нечіткої логіки з високостабільними експлуатаційними характеристиками.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є розробка алгоритму функціонування теплового ПС, який автоматично змінює рівень порогового значення спрацювання для використання даних сповіщувачів на об'єктах, де температура змінюється дуже швидко протягом короткого часу та виходить за температурні діапазони використання сповіщувачів, а також немає можливості використати інші типи сповіщувачів.

Виклад матеріалу. Внаслідок промислового освоєння досягнень мікропроцесорних технологій з'явилися принципово нові за способом обробки інформації аналогові та дискретні ПС. До їхнього складу входить мікропроцесор з власною енергонезалежною пам'яттю. Оскільки первинні перетворювачі формують аналогові сигнали, а мікропроцесор працює з сигналами у цифровій формі, то в конструкції ПС передбачено аналого-цифрові перетворювачі. Алгоритм роботи запрограмований в мікроконтролері, який керує процесом вимірювання, опрацьовує результати з використанням сучасного математичного апарату (алгебри логіки, нечіткої логіки) на основі яких приймає рішення про наявність пожежі.

Використання мікропроцесорів у сповіщувачах дало змогу реалізовувати будь-які алгоритми роботи без зміни елементної бази, тобто спростило процес реалізації розробленого алгоритму роботи.

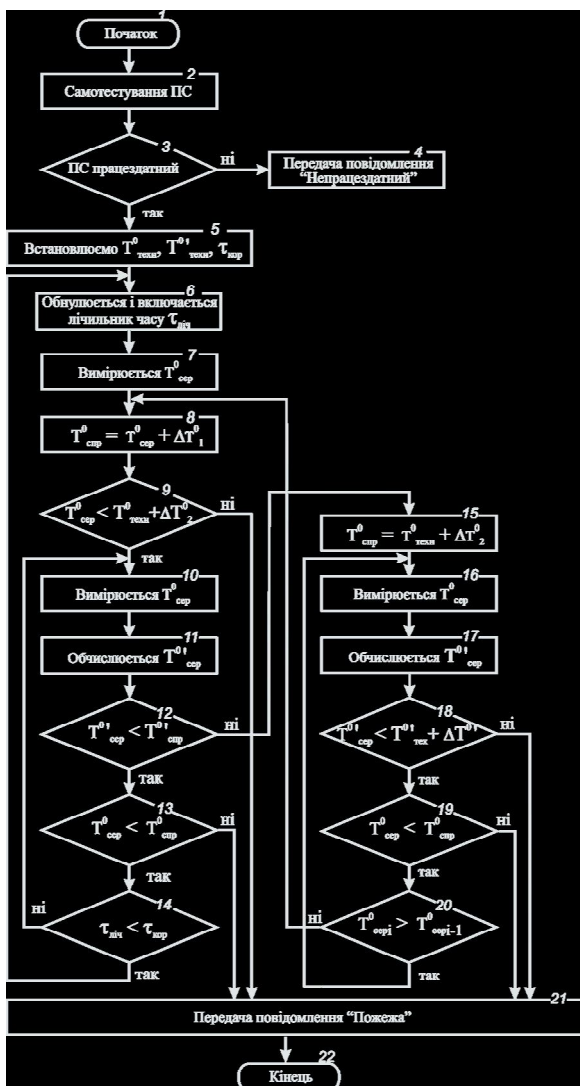


Рис. 1. Алгоритм роботи теплового ПС, який дає змогу змінювати пороговий рівень спрацювання

ПС залежно від зміни температури внаслідок дії кліматичних умов. Можна встановити, напри-

Розглянемо розроблений алгоритм роботи теплового ПС, який дає змогу змінювати пороговий рівень спрацювання та враховувати зміну температури навколишнього середовища не лише від впливу кліматичних умов, але й від впливу технологічного обладнання. Цей алгоритм представлений на рис. 1. При першому включенні ПС проводить самотестування працездатності основних своїх елементів, перевіряє наявність зв'язку з пожежним приймально-контрольним приладом. При виявленні несправності своїх елементів на виході сповіщувача формується електричний сигнал про несправність ПС. Якщо під час тестування не виявлено ніяких збоїв у роботі елементів ПС, про що нам буде сигналізувати, наприклад, світіння світлодіода певним кольором, то за допомогою пульта керування в пам'ять мікропроцесора записуємо час $\tau_{кор}$, через який здійснюється корекція значення температури спрацювання сповіщувача, максимальне значення температури і максимальну швидкість наростання температури навколишнього середовища об'єкта через роботу технологічного обладнання, тобто так звану технологічну температуру $T^0_{тех}$ і технологічну швидкість зміни температури $T^0_{тех}$, які є більшими від температури та швидкості зміни температури навколишнього середовища $T^0_{спр}$ внаслідок впливу кліматичних умов.

На наступному етапі обнулюються покази і вмикається лічильник часу (блок 6). Він необхідний для того, щоб можна було здійснити корекцію порогового значення рівня спрацювання

клад, щогодинну корекцію. Замість нього можна було б використати блок, в якому б аналізувалася швидкість зміни температури навколишнього середовища об'єкта і порівнювалася б із швидкістю зміни температури внаслідок дії кліматичних умов. В блоках 7 і 8 вимірюється значення температури навколишнього середовища об'єкта $T_{\text{сер}}^{\circ}$ і встановлюється порогове значення температури спрацювання ПС $T_{\text{спр}}^{\circ} = T_{\text{сер}}^{\circ} + \Delta T_1^{\circ}$ (ΔT_1° – усталене значення температури, наприклад, тих самих 29° , яке зазначене в ДСТУ EN - 54-5:2003 [2]). В блоці 9 порівнюється температура навколишнього середовища об'єкта з максимальною температурою, яка може бути на об'єкті $T_{\text{мак}}^{\circ} = T_{\text{техн}}^{\circ} + \Delta T_2^{\circ}$ ($\Delta T_2^{\circ} < \Delta T_1^{\circ}$ і може дорівнювати, наприклад, тих самих 4° , які зазначені в ДСТУ EN - 54-5:2003 [2]). Якщо $T_{\text{сер}}^{\circ} > T_{\text{мак}}^{\circ}$, то на виході ПС формується сигнал “пожежа”. Якщо ж ні, то знову вимірюється значення температури навколишнього середовища об'єкта та обчислюється швидкість її зміни $T'_{\text{сер}}$ (блоки 10, 11). В блоці 12 порівнюється значення швидкості зміни температури середовища $T'_{\text{сер}}$ із значенням швидкості зміни температури $T'_{\text{спр}}$, при якому спрацьовує ПС, наприклад, $T'_{\text{спр}} = 8^{\circ}\text{C/хв}$. Якщо $T'_{\text{сер}} < T'_{\text{спр}}$, то це означає, що технологічне обладнання не працює, а $T_{\text{сер}}^{\circ}$ змінюється через вплив на ПС кліматичних умов. В блоці 13 порівнюється вимірне значення $T_{\text{сер}}^{\circ}$ та $T_{\text{спр}}^{\circ}$. Якщо умова $T_{\text{сер}}^{\circ} < T_{\text{спр}}^{\circ}$ не виконується, то тоді на виході ПС формується сигнал “пожежа”. В цьому випадку ПС працює, як максимальний тепловий ПС, тобто швидкість зміни температури внаслідок пожежі є меншою за швидкість зміни температури спрацювання ПС, а значення $T_{\text{сер}}^{\circ}$ збільшується. Якщо умова $T_{\text{сер}}^{\circ} < T_{\text{спр}}^{\circ}$ виконується, то переходимо до блока 14, де порівнюється час роботи сповіщувача $\tau_{\text{ліч}}$ з часом відведеним на зміну корекції порогового значення температури спрацювання ПС $\tau_{\text{кор}}$ внаслідок зміни температури навколишнього середовища під дією кліматичних умов. Якщо $\tau_{\text{ліч}} < \tau_{\text{кор}}$, то переходимо до блока 10 і знову – по циклу, якщо ж $\tau_{\text{ліч}} > \tau_{\text{кор}}$, то коригується значення порогового рівня спрацювання ПС. Коли умова $T_{\text{сер}}^{\circ} < T_{\text{спр}}^{\circ}$ не виконується, то на виході ПС формується сигнал “пожежа”.

Коли починає працювати технологічне обладнання, температура на об'єкті змінюється дуже швидко ($T'_{\text{сер}} > T'_{\text{спр}}$). Переходимо до блока 15, де встановлюється максимальне значення порогу рівня спрацювання ПС. В блоці 16 знову вимірюється значення $T_{\text{сер}}^{\circ}$, а в блоці 17 обчислюється значення похідної $T'_{\text{сер}}$. В блоці 18 порівнюється значення $T'_{\text{сер}}$ з $T'_{\text{мак}}$, яке встановлюється більшим від $T'_{\text{техн}}$ ($T'_{\text{мак}} = T'_{\text{техн}} + \Delta T'_{\text{мак}}$). Якщо $T'_{\text{сер}} > T'_{\text{мак}}$, тоді на виході ПС формується сигнал “пожежа”, якщо ж ні, то переходимо до блока 19 (ПС починає працювати як максимальний сповіщувач), в якому порівнюється $T_{\text{сер}}^{\circ}$ з $T_{\text{спр}}^{\circ}$. При не виконанні умови $T_{\text{сер}}^{\circ} < T_{\text{спр}}^{\circ}$ на виході ПС формується сигнал “пожежа”. Якщо ж $T_{\text{сер}}^{\circ} < T_{\text{спр}}^{\circ}$, то через блок 20 переходимо до контролю температури навколишнього середовища. ПС працює в циклічному режимі. Блок 20 необхідний для контролю температури середовища. Якщо температура починає зменшуватися внаслідок зупинки технологічного обладнання, тобто $T_{\text{сер}i}^{\circ} < T_{\text{спр}i-1}^{\circ}$ (i – крок інтеграції), то переходимо до блока 7.

Можна розробити алгоритм роботи ПС, який відслідковує чи працює технологічне обладнання, чи ні. Алгоритм роботи такого ПС наведений на рис. 2.

В цьому випадку конструкція пожежного сповіщувача дещо ускладнюється. Додано блок контролю працездатності технологічного обладнання 8. Крім того, додано лічильник часу 2, який відраховує час $\tau_{\text{техн}}$, за який температура навколишнього середовища підніметься до максимального значення (дана температура задається) внаслідок роботи технологічного обладнання, після чого встановиться значення швидкості зміни температури, при якому пожежний сповіщувач спрацьовує, наприклад, 8°C/хв . Щоб спростити алгоритм роботи, можна блок 20 вилучити і в момент, коли технологічне обладнання почне працювати, аналізувати лише $T_{\text{сер}}^{\circ}$, тобто сповіщувач буде працювати за максимальним принципом реагування.

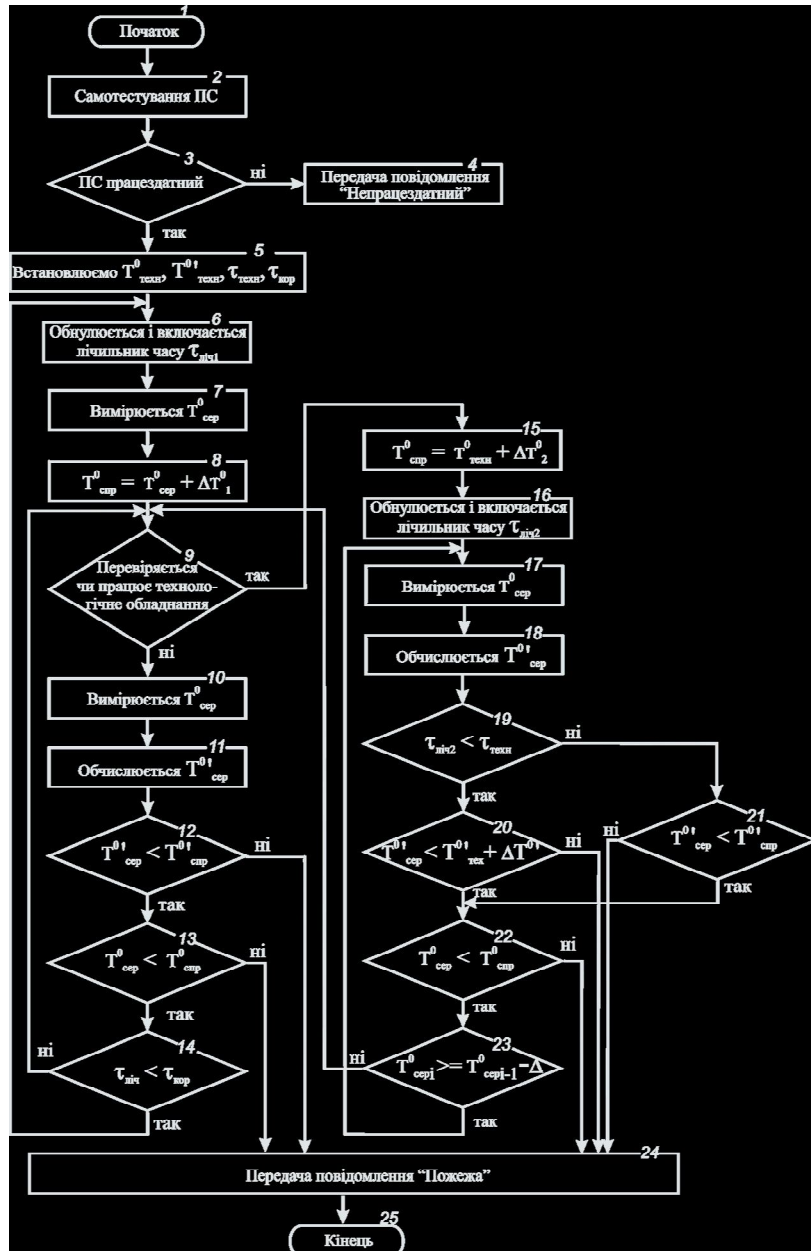


Рис. 2. Алгоритм роботи теплового ПС, який дає змогу змінювати пороговий рівень спрацювання з контролем роботи технологічного обладнання.

Висновки. Алгоритм роботи теплового пожежного сповіщувача, який змінює пороговий рівень спрацювання, дає змогу використовувати їх на об'єктах, де необхідно враховувати зміну температури навколишнього середовища та її швидкість не лише від впливу кліматичних умов, але й від технологічного обладнання, а також, де немає можливості використати інші типи сповіщувачів. Розроблено два таких алгоритми роботи теплового сповіщувача. Перший алгоритм роботи змінює пороговий рівень спрацювання сповіщувача без інформації про режими роботи технологічного обладнання на основі аналізу швидкості зміни температури навколишнього середовища. Другий – потребує контролю режимів роботи технологічного обладнання. Використання мікропроцесорів в сповіщувачах дає змогу реалізовувати будь-які алгоритми роботи без зміни їх елементної бази, тобто спрощує процес реалізації розробленого алгоритму роботи.

Список літератури:

1. **Системи пожежної сигналізації.** Частина 1. Вступ (EN 54-1:1996, IDT) : ДСТУ EN 54-1:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с. – (Національний стандарт України).
2. **В. Баканов.** Особливості вибору, застосування та побудови теплових пожежних сповіщувачів. Частина 1. / Баканов В. // Пожежна безпека: Науково-технічний журнал. – Київ, 2011. – № 7. – С. 34-36.
3. **Системи пожежної сигналізації.** Частина 5. Сповіщувачі пожежні теплові точкові (EN 54-5:2000, IDT) : ДСТУ EN 54-5:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 36 с. – (Національний стандарт України).
4. **Системи пожежної сигналізації та оповіщення.** Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, введення в експлуатацію, експлуатування і технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2004, IDT) : ДСТУ-Н CEN/TS 54-14:2009. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 57 с. – (Національний стандарт України).
5. **Шаровар Ф.И.** Устройства и системы пожарной сигнализации / Шаровар Ф.И. – М.: Стройиздат, 1985. – 165 с.
6. **Себенцов Д. А.** Дымовой? Тепловой? Комбинированный? Проблема выбора типа пожарного извещателя для вашего объекта / Д. А. Себенцов // Алгоритм безопасности. – 2005. – № 5. – С. 50–57.
7. **Яцишин С.П.** Интеллектуальный пожарный сповіщувач із самовідновлюваними характеристиками / Яцишин С.П., Микитин І.П. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2011. – № 18. – С.178-182.
8. **Яцишин С.П.** Пожежні сповіщувачі. Засади оптимізації роботи та алгоритми прийняття рішень / Яцишин С.П., Кравець І.П., Микитин І.П. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2010. – № 17. – С.14-19.

References:

1. **Fire Alarm Systems.** Part 1. Introduction (EN 54-1: 1996, IDT): DSTU EN 54-1: 2003. (2004). Kyiv: Derzspozuvstandart of Ukraine 2004 (in Ukr.).
2. **V. Bakanov** (2011) Features selection, application and construction of thermal fire detectors. Part 1. Fire Science and Technology Journal. Kyiv (in Ukr.).
3. **Fire Alarm Systems.** Part 5: Heat detectors are fire point (EN 54-5: 2000, IDT): DSTU EN 54-5: 2003 (2004) Kyiv: Derzspozuvstandart of Ukraine 2004 (in Ukr.).
4. **Fire Alarm Systems** and notification. Part 14 Guidelines for building, designing, installing, commissioning, operating manual and maintenance (CEN /TS 54-14: 2004, IDT). DSTU-H CEN/TS 54-14: 2009 (2004) Kyiv: Derzspozuvstandart of Ukraine 2004 (in Ukr.).
5. **Sharovar, F.I.** (1985) Devices and systems fire alarm. Mockow: Stroyzdat (in Russ.)
6. **Sebentsov, D.A.** (2005) Smoke? Heat? Combined? Problem Choice Fire detector type for vasheho object. Mockow: Stroyzdat, 5, 50-57 (in Russ.).
7. **Yatsyshyn, S.P. & Mikitin, I.P.** (2011). Intelligent fire detector with recovery characteristics Fire Coll. Lviv: LDU BGD, 18, 178-182 (in Ukr.).
8. **Yatsyshyn, S.P., Kravets, I.P., Mikitin, I.P.** (2010). Fire detectors. The principles of optimization and decision-making algorithms. Lviv: LDU BGD, 17, 14-19 (in Ukr.).

