

О.Е. Васильєва, Я.Я. Козак

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОВИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Стаття присвячена обґрунтуванню імпульсного методу визначення часових параметрів – часу спрацьовування та постійної часу теплових пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом. Результатами досліджень встановлено, що величина постійної часу пожежних сповіщувачів не визначається, а здійснюється лише контроль часу спрацьовування пожежних сповіщувачів за допусковим критерієм.

Ключові слова: пожежна техніка, сповіщувачі, підвищення ефективності системи експлуатації пожежних сповіщувачів, часові параметри теплових пожежних сповіщувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз методів визначення часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів свідчить про те, що тепловий вплив на їхній чутливий елемент може здійснюватися за допомогою і зовнішніх, і внутрішніх джерел тепла. У більшості випадків використовується перший варіант. Другий варіант характерний для пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом та базується на використанні ефекту Джоуля-Ленца [39]. У цьому випадку відкриваються нові можливості щодо підвищення ефективності системи експлуатації як пожежних сповіщувачів, так і систем виявлення пожеж загалом. Об'єктові випробування таких пожежних сповіщувачів можуть бути реалізовані в автоматичному режимі з одержанням оцінок їхніх технічних характеристик.

Постановка проблеми

На сьогодні є чимало невирішених питань, зокрема, немає обґрунтування математичних моделей теплових пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом, яке містило б кількісні оцінки параметрів таких моделей; число форм імпульсів електричного струму, за допомогою яких здійснюється тепловий тест-вплив на терморезистивний чутливий елемент пожежного сповіщувача, обмежене, а їх вибір проводиться не якісно.

Варто відзначити, що усі наявні алгоритми для визначення часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів містять багато (понад три) параметрів, значення яких підлягають ідентифікації; не враховується вплив варіацій температури навколишнього середовища у місці установки пожежного сповіщувача на результат його

випробувань; відсутнє обґрунтування вибору алгоритмів визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом з використанням кількісних показників або критеріїв.

Формулювання мети статті

Обґрунтування імпульсного методу визначення часових параметрів – часу спрацьовування та постійної часу теплових пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо основні технічні характеристики теплових пожежних сповіщувачів. В основу роботи теплових пожежних сповіщувачів покладені різні ефекти та явища [1–7]:

- ефект пам'яті форми;
- ефект Кюрі;
- ефект Джоуля-Ленца;
- явище Томпсона і Зеєбека;
- явище романівського розсіювання тощо.

Варто зазначити, що серед теплових пожежних сповіщувачів найбільш поширеними є сповіщувачі максимального типу [10, 11]. Їх кількість становить приблизно 90 % від загальної кількості теплових пожежних сповіщувачів, що обумовлене простотою схемної реалізації та конструктивного виконання, простою технологією виготовлення та низькою вартістю [12, 13]. Зокрема, до 77 % технологічних ділянок та приміщень АЕС із реакторами ВВЕР-1000 оснащені тепловими пожежними сповіщувачами такого типу, а АЕС із реактивними РБМК оснащені сповіщувачами максимального типу до 74 % [14].

Перелік технічних характеристик теплових пожежних сповіщувачів наведено в [8, 15]. До

основних технічних характеристик теплових пожежних сповіщувачів, які нормуються згідно з EN 54 [8], належать:

- номінальна температура спрацьовування $\theta_{ном}$;
- час спрацьовування t_c ;
- постійна часу сповіщувача t .

Час спрацьовування і постійна часу є часовими параметрами (характеристиками) теплових пожежних сповіщувачів.

Величина номінальної температури спрацьовування залежно від класу теплового пожежного сповіщувача лежить в діапазоні (54–160)⁰C (табл.1).

Таблиця 1

Номінальна температура спрацьовування

Клас сповіщувача	Температура		Температура спрацьовування	
	нормальна	максимальна	мінімальна	максимальна
A1	25	50	54	65
A2	25	50	54	70
B	40	65	69	85
C	55	80	84	100
D	70	95	99	115
E	85	110	114	130
F	100	125	129	145
G	115	140	144	160

У табл. 2 наведено норми часу спрацьовування теплових пожежних сповіщувачів. Час спрацьовування сповіщувачів нормується залежно від швидкості зміни температури a , яка може набувати різних значень (0,017; 0,05; 0,083; 0,167; 0,33; 0,5)⁰Cc⁻¹. У табл. 2 t_{CH} , t_{CB} – нижня та верхня границі часу спрацьовування теплового пожежного сповіщувача відповідно.

Таблиця 2

Норми часу спрацьовування теплових пожежних сповіщувачів

Швидкість зміни температури a , ⁰ Cc ⁻¹	Сповіщувачі класу A1		Сповіщувачі класу A2, B, C, D, E, F, G	
	t_{CH} , с	t_{CB} , с	t_{CH} , с	t_{CB} , с
0,017	1740	2420	1740	2740
0,05	433	820	433	960
0,083	249	500	249	600
0,167	60	260	120	330
0,33	30	140	60	193
0,5	20	100	40	145

Варто зазначити, що діапазон можливих значень часу спрацьовування пожежних сповіщувачів є достатньо широким. Зокрема, для сповіщувачів класу A1 відношення $t_{CB} - t_{CH}^{-1}$ становить 1,4 – 5,0, а для сповіщувачів інших класів це відношення становить 1,6 – 3,6 для діапазону зміни швидкості температури $a = (0,017-0,5)^0C c^{-1}$.

Величина іншого часового параметра теплових пожежних сповіщувачів постійної часу нормується

стандартом EN 54 [8]. Для сповіщувачів класу A1 $\tau \leq 20$ с, а для сповіщувачів інших класів $\tau \leq 60$ с.

Технічні характеристики теплових пожежних сповіщувачів пов'язані між собою.

Якщо врахувати, що час спрацьовування t_c пожежних сповіщувачів нормується при лінійному законі зміни температури, тобто

$$T(t) = T_0 + at, \quad (1)$$

де T_0 – початкова температура, то дійсним буде рівняння

$$t(t_c) - t_c = 0, \quad (2)$$

де $t(t)$ – температура чутливого елемента теплового пожежного сповіщувача.

Рівняння (2) можна переписати так:

$$L^{-1}0, \quad (3)$$

де L^{-1} – оператор зворотного перетворення Лапласа; $W(p)$ – передатна функція чутливого елемента пожежного сповіщувача;

$T(p)$ – перетворення Лапласа від функції (1).

Якщо врахувати, що [5]

$$W(p) = (\tau p + p), \quad (4)$$

то відповідно до (1) – (3) одержимо

$$t_c = T_0 \left[1 - \exp\left(\frac{-t_c}{\tau}\right) \right] + a \left[t_c - \tau + \tau \exp\left(\frac{-t_c}{\tau}\right) \right]. \quad (5)$$

При $t \geq 3\tau$ із (5) впливає співвідношення між технічними характеристиками теплових пожежних сповіщувачів

$$t_c = (t_c - T_0)a^{-1} + \tau. \quad (6)$$

Аналіз виразу (6) свідчить, що із ростом швидкості зміни температури навколишнього середовища зростає вплив величини часового параметра – постійної часу на величину часу спрацьовування пожежного сповіщувача. Зокрема, для теплових пожежних сповіщувачів класу А1 при $a = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ внесок часового параметра τ до величини часу спрацьовування пожежного сповіщувача може становити 20 %. Якщо врахувати, що на початковій стадії пожежі величина швидкості зміни температури може сягати $0,5\text{--}1,2 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, а при пожежах на об'єктах нафтопереробної та хімічної промисловості величина швидкості зміни температури може сягати $3,0 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [16], то при використанні теплових пожежних сповіщувачів класу А1 внесок величини часового параметра τ до величини часу спрацьовування може досягати 60–150 %.

У [11] із використанням методів теорії планування експерименту одержано регресивні залежності для часу спрацьовування теплових пожежних сповіщувачів, у яких фактори є:

- початкова температура x_1 ;
- швидкість зміни температури x_2 ;
- температура спрацьовування x_3 ;
- постійна часу сповіщувача x_4 .

Залежності одержані для $T_0 = 25^\circ\text{C}$;

$$a = (0,017\text{--}0,5) \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}; t_c = (54\text{--}160) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Наприклад, при $T_0 = 25^\circ\text{C}$; $a = 0,017 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $t_c = 54^\circ\text{C}$; $\tau = 10\text{c}$ регресійна модель має вигляд

$$t_c = 1740 - 317x_1 - 388x_2 + 804x_3 - 177x_4. \quad (7)$$

Із (7) впливає, що внесок величини постійної часу теплового пожежного сповіщувача до величини часу його спрацьовування становить 10 %.

Існує безліч методів для визначення часу спрацьовування теплових пожежних сповіщувачів. Розглянемо найбільш розповсюджені.

Визначення часу спрацьовування теплових пожежних сповіщувачів здійснюється під час їх випробувань. Усі випробування теплових пожежних сповіщувачів можна розділити на дві групи:

- стаціонарні [17] або автономні [18];
- оперативні [18] або об'єктові.

При проведенні автономних випробувань теплових пожежних сповіщувачів тепловий вплив формується за допомогою теплової камери [8; 17] або стандартних осередків горіння [6; 17].

Схема теплової камери наведена на рис.1. У тепловій камері здійснюється зміна температури в діапазоні $(-10\text{--}200)^\circ\text{C}$. Величина швидкості зростання температури лежить у діапазоні $(0,003\text{--}0,5) \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, а циркуляція повітря здійснюється із швидкістю $(0,8 \pm 0,1) \text{ m}^{-1}$. Похибка формування температури становить $\pm 2\text{K}$, а похибка вимірювання часу спрацьовування теплового пожежного сповіщувача становить $\pm 1,0\text{c}$. Допустимі значення похибок інших параметрів становлять $\pm 5\%$.

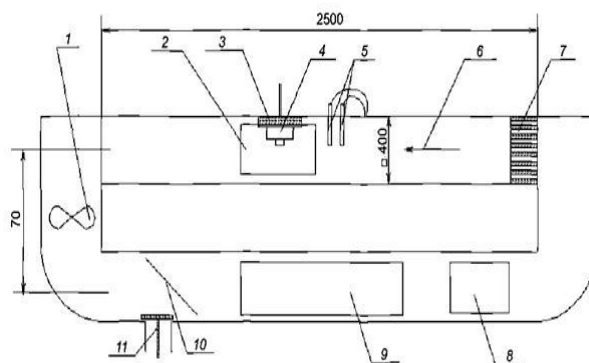


Рис.1.Схема теплової камери:
1 – вентилятор з електричним двигуном; 2 – кришка відсіку для установки теплового пожежного сповіщувача зі скляним вікном; 3 – площадка з поворотним пристроєм для установки теплового пожежного сповіщувача; 4 – тепловий пожежний сповіщувач, який випробовується; 5 – вимірювачі температури та швидкості потоку повітря; 6 – напрям потоку повітря; 7 – лінеаризатор; 8 – кришка для установки холодильного агрегата; 9 – відсік нагрівача; 10 – регулятор швидкості потоку повітря; 11 – отвір для вентиляції

За допомогою теплової камери здійснюється визначення одного часового параметра – часу спрацьовування теплового пожежного сповіщувача. Цей часовий параметр вимірюється в момент досягнення температури чутливого елемента теплового пожежного сповіщувача температури його спрацьовування. Як тест-сигнали при цьому використовуються сигнали, які описуються виразом (1) при шести фіксованих величинах швидкості його зміни a . Величини цих швидкостей наведено в табл. 2 [8].

Недоліком такого методу визначення параметра теплового пожежного сповіщувача є несиметричний розподіл повітряного потоку і температури в перерізі корпусу теплової камери, що обумовлене різницею куткових швидкостей

повітряного потоку та нерівномірністю тепловіддачі стінки теплової камери.

Стандартні осередки горіння розділяються на шість типів [15]. Їхні характеристики наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристики стандартних осередків горіння

Назва	Тип горіння	Якісні характеристики		
		інтенсивність тепловиділення	потік, що підіймається	дим
TF-1	Відкрите горіння деревини	Висока	Сильний	+
TF-2	Піролізне тління деревини	Дуже незначна	Слабкий	+
TF-3	Тління хлопку	Дуже незначна	Дуже слабкий	+
TF-4	Горіння полімерних матеріалів	Незначна	Сильний	+
TF-5	Горіння легкозаймистої рідини з виділенням диму	Висока	Сильний	+
TF-6	Горіння легкозаймистої рідини	Висока	Сильний	-

При проведенні автономних випробувань теплових пожежних сповіщувачів використовується стандартний осередок горіння TF-6. У цьому випадку використовується 2,0 кг суміші етилового (90 % об'єму) та метилового (10 % об'єму) спиртів, яка наливається в піддон розміром (435 x 435 x 50) мм. Залежність температури від часу для такого осередку горіння наведено на рис.2.

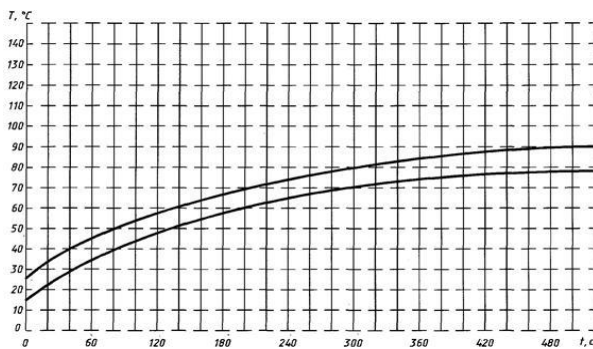


Рис.2. Залежність температури від часу для стандартного осередку горіння TF-6

Час спрацьовування теплових пожежних сповіщувачів не повинен перевищувати 510 с.

Недоліками такого методу є те, що параметри теплового впливу на чутливий елемент пожежного сповіщувача не нормуються, величина часового параметра – часу спрацьовування пожежного сповіщувача, не визначається, а здійснюється лише перевірка виконання умови.

$$t_c \leq 510 \text{ с.} \quad (8)$$

Варто зазначити, що алгоритми проведення автономних випробувань теплових пожежних сповіщувачів орієнтовані на відтворення реальних умов їх експлуатації. Зокрема, початкова стадія пожежі характеризується зміною температури за квазілінійним у часі законом [12; 15].

Об'єктові випробування теплових пожежних сповіщувачів можна розділити на три класи:

- випробування, при яких у конструкцію сповіщувача вводиться додатковий елемент, що забезпечує імітацію зовнішнього впливу на чутливий елемент сповіщувача;
- випробування, при яких приймальна станція формує сигнал, за яким забезпечується спрацьовування сповіщувача;
- випробування за допомогою невеликих камер для створення зовнішнього впливу на чутливий елемент сповіщувача.

Варто зазначити, що всі зарубіжні нормативні документи орієнтовані на проведення тестування теплових сповіщувачів, метою якого є перевірка їх працездатності. Зокрема, до таких нормативних документів належать стандарти:

- B5 5839 (Великобританія);
- NFPA 72 (США);
- APSAD R7 (Франція);
- DIN 14675:2003-II (Німеччина).

В Україні немає нормативних документів щодо об'єктових випробувань теплових пожежних сповіщувачів.

На практиці частіше реалізуються випробування третього класу. Прикладом технічної реалізації пристрою для проведення таких об'єктових випробувань теплових пожежних

сповіщувачів є пристрій Теплотест-М (модель Н211) а його технічні характеристики наведено в табл. 4. [16]. Зовнішній вигляд пристрою наведено на рис. 3,

Таблиця 4

Технічні характеристики пристрою Теплотест-М (модель Н211)

Діапазон напруги живлення, В	10,8–13,2
Час готовності, с	120
Діапазон температури вихідного потоку повітря, °С	50–100
Діапазон швидкості росту температури вихідного потоку, °С/0,8	1–50
Час безперервної роботи, год	3,5
Габаритні розміри, мм	63 x 280
Маса, кг	0,24



Рис.3.Зовнішній вигляд пристрою Теплотест-М (модель Н211)

Пристрій виконаний у вигляді циліндричного корпусу, в якому розташовані нагрівач, електронна плата керування із термочутливим елементом та вентилятор. На верхній частині корпусу встановлено ковпак, за допомогою якого утворюється робоча ділянка пристрою.

На рис.4 наведено варіанти проведення випробування теплових пожежних сповіщувачів за допомогою пристрою Теплотест-М (модель Н211). Стрілкою показано напрям руху повітряного теплового потоку. Ліворуч наведено варіант випробувань з використанням ковпака, праворуч – з безпосередньою подачею теплового повітряного потоку.

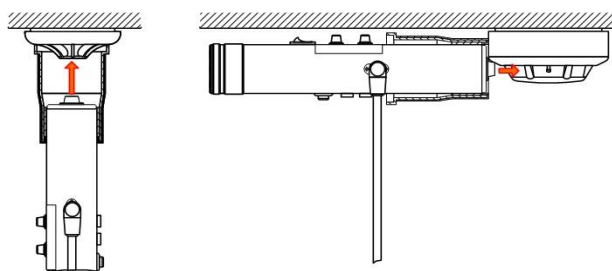


Рис.4. Варіанти використання пристрою Теплотест-М (модель Н211) при випробуваннях пожежних сповіщувачів

Незалежно від класу об'єктових випробувань теплових пожежних сповіщувачів при їх реалізації не визначається величина часу спрацювання, а встановлюється лише факт спрацювання або неспрацювання теплового пожежного сповіщувача за результатами випробувань.

Методи визначення постійної часу теплових пожежних сповіщувачів залежно від групи їх випробувань розділяються на:

- методи визначення при автономних випробуваннях;
- методи визначення при об'єктових випробуваннях.

У кожному із цих методів можна виділити методи визначення постійної часу теплових пожежних сповіщувачів із використанням:

- часових параметрів вихідного сигналу чутливого елемента пожежних сповіщувачів;
- амплітудних параметрів вихідного сигналу чутливого елемента пожежних сповіщувачів.

У ролі тест-впливу на чутливий елемент теплових пожежних сповіщувачів можуть використовуватись повітряні потоки, температура яких має опис у вигляді [17]

$$t_i(t) = T_i(t) - T_0 = \sum_{i=1}^3 b_i t^{i-1}, \quad (9)$$

де b_i – параметри.

Вихідні сигнали пожежних сповіщувачів при таких тест-впливах будуть описуватись виразами

$$i = 1, u_1(t) = b_1 \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right], \quad (10)$$

$$i = 2, u_2(t) = b_2 \left[t - \tau \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right] \right], \quad (11)$$

$$i = 3, u_3(t) = 2b_3 \left[0,5t^2 - \tau t + \tau^2 \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right] \right]. \quad (12)$$

Моделі (10)–(12) є основою для формування методів визначення постійної часу τ теплових пожежних сповіщувачів.

У [8] показано, що при формуванні опорних сигналів U_1 та U_2 , які пов'язані співвідношенням

$$U_2 = nU_1; n > 1,0, \quad (13)$$

у моменти часу t_1 та t_2 , що вимірюються, у режимі, який встановився, буде дійсним, згідно з (11),

$$U_1 = Kb_2 (t_1 - \tau); U_2 = Kb_2 (t_2 - \tau), \quad (14)$$

де K – параметр.

Із (14) випливає, що

$$t = t_1 - U_1(Kb_2)^{-1} = t_2 - U_2(Kb_2)^{-1}, \quad (15)$$

внаслідок чого для постійної часу t дійсним є вираз

$$\tau = 0,5[(m + 1)t_1 - (m - 1)t_2], \quad (16)$$

$$\text{де } m = (n + 1) (n - 1)^{-1}. \quad (17)$$

У [9] показано, що після закінчення перехідних процесів для сигналу (12) дійсним є

$$U_3(t) = 2b_3(0,5t^2 - \tau t + \tau^2), \quad (18)$$

внаслідок чого при $U_{3i} = \text{const}$ можна записати

$$t_i = \tau. \quad (19)$$

Якщо врахувати умову

$$U_{33} - U_{22} = U_{32} - U_{31}, \quad (20)$$

то для постійної часу τ буде дійсним вираз

$$\tau = 0,5(t_1^2 - 2t_2^2 + t_3^2)(t_1 - 2t_2 + t_3)^{-1}, \quad (21)$$

де t_i – час досягнення вихідного сигналу пожежного сповіщувача рівня U_{3i} .

При визначенні часового параметра τ згідно з (16), для теплових пожежних сповіщувачів класу А1, які відповідають вимогам євростандарту EN 54, величина похибки, що обумовлена неточністю формування тест-впливу, може становити понад 20 %. При використанні виразу (21) для визначення часового параметра τ необхідно забезпечити формування тест-впливу на чутливий елемент пожежного сповіщувача за квадратним у часі законом із похибкою $\pm 2K$. Крім того, результат визначення часового параметра буде залежати від

похибки, яка обумовлена зміною вихідного сигналу пожежного сповіщувача в межах інтервалів, що задані величинами U_{3i} .

Приклади визначення постійної часу τ теплових пожежних сповіщувачів із використанням амплітудного параметра їхніх вихідних сигналів наведено у [3; 13]. Одним із таких методів є метод, реалізація якого пов'язана на формуванні тест-впливу у вигляді функції Хевісайда з амплітудою θ_0 і вимірюванні вихідного сигналу пожежного сповіщувача та його похідної в апіорі заданий момент часу. Недоліком такого методу є необхідність у використанні похідної від вихідного сигналу пожежного сповіщувача, що супроводжується достатньо великою похибкою [3].

У ролі температурного тет-впливу може використовуватись сигнал у вигляді прямокутного імпульсу амплітуди θ_0 і тривалості t_0 , тобто

$$t(t)\theta_0[1(t) - 1(t - \theta_0)], \quad (22)$$

де $1(\cdot)$ – функція Хевісайда [5].

У цьому випадку постійна часу τ пожежного сповіщувача визначається виразом [18; 19]

$$\tau = (\int_0^\infty u(t) dt)^{-1} \int_0^\infty \int_t^\infty u(t) dt dt - (\int_0^\infty \theta(t) dt)^{-1} \int_0^\infty \int_t^\infty \theta(t) dt dt \quad (23)$$

де $U(t)$ – вихідний сигнал пожежного сповіщувача.

Недоліком такого методу визначення часового параметра τ є наявність складнощів при визначенні другої адитивної складової b (13).

Визначення постійної часу пожежних сповіщувачів при об'єктових випробуваннях: для цієї групи методів визначення часового параметра τ пожежних сповіщувачів характерним є те, що найбільш пропрацьовані методи, орієнтовані на пожежні сповіщувачі із терморезистивним чутливим елементом [23; 30–33].

Залежно від параметрів, що вимірюються, методи визначення постійної часу пожежних сповіщувачів цієї групи розділяються на дві групи:

- 1) методи, в основі яких лежить вимірювання енергетичних параметрів;
- 2) методи, в основі яких лежить вимірювання часових параметрів.

Методи першої групи розділяються залежно від інформаційних параметрів на чотири підгрупи – із використанням:

- значення вихідного сигналу, що встановився;
- амплітуди імпульсу;
- постійної складової вихідного сигналу;
- амплітуди гармонічної складової вихідного сигналу.

Методи другої групи залежно від характеру формування умов для вимірювання часових параметрів вихідного сигналу розділяються на три підгрупи:

- за умов забезпечення рівності двох пар вихідних сигналів;
- за умов забезпечення різниці двох вихідних сигналів;
- за умов використання відношення двох вихідних сигналів.

Усі розглянуті методи визначення постійної часу пожежних сповіщувачів передбачають використання відповідних алгоритмів обробки інформації [19]. Складність алгоритмів обробки інформації можна характеризувати числом математичних операторів, які в них використовуються. При використанні методів, що ґрунтуються на вимірюванні енергетичних параметрів вихідного сигналу пожежних сповіщувачів, найменшою складністю вирізняються алгоритми, формалізація яких має вигляд

$$\tau = \theta_m(KI_0^2) \quad (24)$$

де θ_m – вихідний сигнал пожежного сповіщувача в режимі, що встановився;

K – коефіцієнт передачі пожежного сповіщувача;

I_0 – амплітуда прямокутного імпульсу така, що протікає через терморезистивний чутливий елемент сповіщувача.

Серед алгоритмів обробки інформації, що ґрунтуються на вимірюванні часових параметрів вихідного сигналу пожежних сповіщувачів, найменш складними є алгоритми з використанням трьох часових параметрів.

Складність технічної реалізації методів визначення постійної часу пожежних сповіщувачів можна характеризувати кількістю функціональних елементів структурної схеми сповіщувача. Згідно із цим показником найбільш складним є пристрій для вимірювання трьох часових параметрів вихідного сигналу пожежного сповіщувача [18].

Варто зазначити, що більшість методів визначення постійної часу теплових пожежних сповіщувачів передбачають використання інформації стосовно таких параметрів, як коефіцієнт його передачі та величина струму, що протікає через терморезистивний чутливий елемент сповіщувача. Ця обставина обумовлює нормування цих величин та їх вимірювання при експлуатації пожежних сповіщувачів.

Висновки

1. Відзначається, що до часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів належить час спрацьовування та постійна часу, які пов'язані між

собою. Показано, що внесок величини постійної часу до часу спрацьовування може становити до 20% при швидкості зміни температури навколишнього середовища $0,5^{\circ}\text{C}$ за c^{-1} .

2. Для визначення часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів проводяться їх випробування, які розділяються на стаціонарні або автономні та оперативні або об'єктові.

3. Недоліком стаціонарних випробувань за допомогою теплових камер є несиметричність розподілу повітряного потоку і температури, а недоліком таких випробувань за допомогою стандартних осередків горіння є те, що параметри теплового впливу на чутливий елемент пожежного сповіщувача не нормуються. Встановлено, що в першому випадку величина постійної часу пожежних сповіщувачів не визначається, а у другому випадку здійснюється лише контроль часу спрацьовування пожежних сповіщувачів за допусковим критерієм.

4. При проведенні об'єктових випробувань в основному реалізується створення теплового впливу на чутливий елемент пожежних сповіщувачів за допомогою невеликих теплових камер. Метою таких випробувань є перевірка працездатності пожежних сповіщувачів без одержання оцінок їх часу спрацьовування та постійної часу.

5. Показано, що тепловий вплив на чутливий елемент пожежних сповіщувачів може здійснюватися за допомогою і зовнішніх, і внутрішніх джерел тепла. Другий варіант характерний для пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом і ґрунтується на використанні ефекту Джоуля-Ленца. У цьому випадку відкриваються нові можливості для підвищення ефективності системи експлуатації пожежних сповіщувачів такого типу.

Література

1. Алямовский А.Ф. *SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике* / А.Ф. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ Петербург, 2008.–1040 с.
2. Lanets, O., Kachur, O., Borovets, V., Dmyterko, P., Derevenko, I., Zvarich, A. (2020) Establishment of the original frequency of the continual section of the interreson research machine Rayleigh–Ritz method, *Industrial Process Automation in Engineering and Instrumentation*, 54, pp. 5-15. DOI: 10.23939/istcipa2020.54.005
3. Maistruk P., Lanets O., Stupnytskyy V. (2021) Approximate Calculation of the Natural Oscillation Frequency of the Vibrating Table in Inter-Resonance Operation Mode, *Strojnícky časopis - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 71(2), pp. 151-166.
4. A guidetothe Project Management Body of Knowledge. (2017) PMBOK guide SIXTH EDITION – USA: Project ManagementInstitute.
5. Асеева А. В. *Аналіз проблем вибору технології для розробки програмного забезпечення.* / А.В. Асеева,

I.V. Кулаковська // *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. Луцьк, 2019. №37. С. 10 – 18.

6. Семенов С. Г. Усовершенствованный способ масштабирования гибкой методологии разработки программного обеспечения. / С.Г. Семенов, Кассем Халифе, М.М. Захарченко // *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків, 2017. Т. 1, № 1. С. 79 – 84.

7. Шапошнікова О.П. Застосування методології Agile в практиці проектного навчання при підготовці ІТ спеціалістів. / О.П. Шапошнікова, В.В. Кірвас // *Системи обробки інформації*. Харків. 2020. № 4(163). С. 94-100.

8. Козир І. С. Фактори впровадження Agile-менеджменту в практику управління. / І.С. Козир // *I International Scientific and Practical Conference «Problemas y perspectivas de la aplicación de la investigación científica innovadora»*. Кембридж. 2021. Т. 1. С. 78-79.

9. Stupnytskyy V. (2013) Features of Functionally - Oriented Engineering Technologies in Concurrent Environment. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2 (9), 1181-1186.

10. Davim J.P. (2010) Surface Integrity in Machining. Springer Science & Business Media, London, 70.

11. Айвазов В. В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. / В.В. Айвазов — М.: Высш. шк., 1973. — 206 с.

12. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества. / А.А. Абрамзон — Л.: Химия, 1981. — 304 с.

13. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін. — К.: Лібра, 2000. — 552 с.

14. Болдін А.А. Хімічне забруднення природних вод / А.А. Болдін // *Світ хімії: зб. наук. праць*. — 2004. — № 9. — С. 123-128.

15. Eyde T.H. (2010) Zeolites, Minerals Eng. P. 62–86.

16. Стеценко І. В. Система імітаційного моделювання засобами сіток Петрі / І.В. Стеценко, О.В. Бойко // *Математические машины и системы*.—2009.—Т. 1.

17. Maintenance of fire alarm systems. (2003) *Fire Safety Eng.* 10. № 5. P. 3–5.

18. Абрамов Ю. А. Повышение эффективности обнаружения пожара по температуре. / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь, Е.А. Тищенко. Харьков: НУГЗУ, 2011. 129 с.

19. Кальченко Я. Ю. Идентификация динамического параметра пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом. / Я.Ю. Кальченко, Ю.А. Абрамов // *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: УГЗУ, 2015. Вып. 37. С. 71–74.

References

1. Aliamovsky, A.F., Sobachkin, A.A., Odintsov E.V., Kharitonovich A.I., Ponomarev N.B. (2008) Solid Works 2007/2008. Computer modeling in engineering practice. St. Petersburg, 1040 p.

2. Lanets, O., Kachur, O., Borovets, V., Dmyterko, P., Derevenko, I., Zvarich, A. (2020) Establishment of the original frequency of the inter-resonance research machine continual section using Rayleigh–Ritz method. *Industrial Process Automation in Engineering and Instrumentation*, pp.5-15.

3. Maistruk P., Lanets O., Stupnytskyi V. (2021) Approximate Calculation of the Natural Oscillation Frequency of the Vibrating Table in Inter-Resonance Operation Mode, *Strojnický časopis - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 71 (2), pp. 151-166.

4. A guide to the Project Management Body of Knowledge. (2017) PMBOK guide SIXTH EDITION – USA: Project Management Institute.

5. Aseeva A.V., Kulakovska I.V. (2019) Analysis of the technology selection problems for software development. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. Lutsk, No.37., pp.10-18.

6. Semenov S.G., Kassem Khalife, Zakharchenko M.M. (2017) Improved method of scaling flexible software development methodology. *Bulletin of NTU "KhPI"*. Kharkiv, Vol. 1, no.1, pp.79-84.

7. Shaposhnikova O.P., Kirvas V.V (2020) Application of Agile methodology in the practice of project training in the training of IT specialists. *Information processing systems*. Kharkiv, no.4 (163), pp. 94-100.

8. Kozyr I.S. (2021) Factors of implementation of Agile management in management practice. *International Scientific and Practical Conference "«Problemas y perspectivas de la aplicación de la investigación científica innovadora»"*. Cambridge. Vol. 1. pp. 78-79.

9. Stupnytskyi V. (2013) Features of Functionally - Oriented Engineering Technologies in Concurrent Environment. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2 (9), pp. 1181-1186.

10. Davim J.P. (2010) Surface Integrity in Machining, Springer Science & Business Media, London, p. 70.

11. Aivazov V.V. (1973) Workshop on chemistry of surface phenomena and adsorption. High school, 206 p.

12. Abramzon A.A. (1981) Surface active substances. Chemistry, 304 p.

13. Zapolskyi A.K. Mishkova-Klymenko N.A., Astrelin I.M. (2000) Physico-chemical basis of wastewater treatment technology. Libra, 552 p.

14. Boldin A.A. (2004) Chemical pollution of natural waters. *The world of chemistry: collection of science works*, no. 9, pp.123-128.

15. Eyde T.H. (2010) Zeolites, Minerals Eng. pp. 62–86.

16. Stetsenko I.V. (2009) System of imitation modeling by means of Petri nets. *Mathematical machines and systems*, vol. 1.

17. Maintenance of fire alarm systems. (2003) *Fire Safety Eng.* 10. № 5. P. 3–5.

18. Abramov Yu.A. (2011) Increasing the efficiency of fire detection by temperature. Kharkiv: NUCDU, 129 p.

19. Kalchenko Ya.Yu. (2015) Identification of the dynamic parameter of fire detectors with a thermoresistive sensitive element. *Problems of fire safety*. Kharkiv: NUCDU., issue 37, pp. 71–74.

Рецензент: доктор технічних наук, директор О.М. Коваль, ТЗОВ «Компанія «Всесвіт Комфорту», Україна

Автор: ВАСИЛЬСВА Олена Едуардівна
д.т.н., професор кафедри прикладної математики і механіки
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
E-mail – vassabi13@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2921-1760>

Автор: КОЗАК Ярослав Ярославович
ад'юнкт
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
E-mail – yaruk.38@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1283-2536>

ANALYSIS OF THE DETERMINING METHODS OF THE THERMAL FIRE DETECTORS TIME PARAMETERS

O. Vasilyeva, Y. Kozak

Lviv State University of Life Safety, Ukraine

The article is devoted to substantiating the pulse method of time parameters determining - the thermal fire detectors' operation time and constant time with a thermal resist sensitive element.

Significant research is that the time parameters of thermal fire detectors include the operation time and constant time that are interconnected. It is shown that the contribution of constant time to the operation time can be up to 20% at a speed of change in ambient temperature 0.50C per C-1. It is also found that their testing is used to determine the time parameters of thermal fire detectors, which are divided into stationary or autonomous and operational or object. The article specifies that the disadvantage of inpatient tests with the help of heat chambers is the asymmetry of the airflow distribution and temperature, and the lack of such tests employing standard combustion cells is that the thermal impact parameters on the fire detector sensitive element are not normalized.

The research results have found that the amount of the fire detectors' constant time is not determined, and only control of the fire detectors' operation time is carried out according to the admission criteria. During the object tests, in most cases, the thermal impact on a fire detector's sensitive element with the help of small heat chambers is realized, the purpose of such tests is to check the fire detectors' performance without obtaining estimates of their operation time and constant time. It is worth noting that the thermal impact on the fire detector's sensitive element can be carried out with the help of both external and internal sources of heat. The second option is characteristic of fire detectors with a thermal resist sensitive element and is based on the use of the Joule-Lenz effect (heating of a conductor or semiconductor is directly proportional to its resistance, the duration of the current and the square of the current). In this case, new opportunities are opened to improve the efficiency of the fire detectors operation of this type.

Keywords: *fire equipment, detectors, improving the efficiency of the fire detectors operation, time parameters of thermal fire detectors.*