

УДК 614.84

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.1.7.14>

Олена ВАСИЛЬЄВА¹, доктор технічних наук, професор (ORCID: 0000-0003-2921-1760),

Олександр КОВАЛЬ², доктор технічних наук (ORCID: 0000-0002-6208-6482),

Ярослав КОЗАК¹ (ORCID: 0000-0003-1283-2536),

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

²ТЗОВ «Компанія «Всесвіт Комфорту»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА ЗА ДОПОМОГОЮ ІМПУЛЬСНОГО МЕТОДУ

Одним з актуальних методів, що знижують втрати від пожеж, є ідентифікація небезпечних чинників пожежі. Найбільш дієвим у даному випадку є раннє виявлення загорань за допомогою автоматичних систем протипожежного захисту та своєчасна їх локалізація. Працездатність таких систем визначається належними технічними характеристиками пожежних сповіщувачів, які є першою ланкою будь якої автоматичної системи протипожежного захисту, а також належною їх експлуатацією.

Забезпечення належного функціонування автоматичних систем протипожежного захисту, зокрема датчиків первинної інформації – пожежних сповіщувачів, – є важливою складовою, оскільки їх робота спрямована на виявлення пожежі на її початковій стадії. Адже раннє виявлення небезпечних чинників пожежі дозволяє мінімізувати ризики для життя та здоров'я людей та зменшити можливі збитки.

Серед різновидів пожежних сповіщувачів одними з найбільш поширених є теплові пожежні сповіщувачі. Це обумовлено їх простотою конструкції, невибагливістю в обслуговуванні та низькою вартістю.

Теплові пожежні сповіщувачі є ефективними у тих випадках, коли на початковій стадії передбачається значна потужність вогнища пожежі з інтенсивним виділенням теплового потоку, коли поширення диму ускладнене, і де застосування інших типів сповіщувачів може призвести до їх хибних спрацювань.

Працездатність таких систем визначається досконалістю основних параметрів пожежних сповіщувачів, до яких віднесені час спрацювання та постійна часу.

Основними технічними характеристиками теплових пожежних сповіщувачів є номінальна температура спрацювання, час спрацювання та постійна часу. Часові параметри теплових пожежних сповіщувачів пов'язані між собою. Внесок постійної часу пожежного сповіщувача до часу його спрацювання може становити до 20 % при швидкості зміни температури навколишнього середовища $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

***Ключові слова:** пожежні сповіщувачі, терморезистивний чутливий елемент, імітаційна модель, часові параметри, імпульси електричного струму, експеримент.*

Постановка проблеми. Для визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів використовуються випробування, які поділяються на стаціонарні та об'єктові. 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. Нормативними документами не передбачено визначення часових параметрів об'єктових теплових пожежних сповіщувачів, а здійснюється лише перевірка працездатності сповіщувача.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Державний стандарт України [1] містить вимоги щодо випробування теплових пожежних сповіщувачів, зокрема за допомогою теплової камери. За допомогою теплової камери здійснюється визначення одного часового параметра – часу спрацьовування теплового пожежного сповіщувача. Недоліком такого методу визначення параметра теплового пожежного сповіщувача є несиметричний розподіл повітряного потоку і температури в перерізі корпусу теплової камери, що обумовлено різницею куткових швидкостей повітряного потоку та нерівномірністю тепловіддачі стінки теплової камери.

При проведенні автономних випробувань теплових пожежних сповіщувачів використовуються стандартні осередки горіння [2]. Недоліком 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.

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

Авторами роботи [3] було запропоновано визначення параметрів формування теплового впливу при проведенні випробувань пожежних сповіщувачів. Результати експериментальних досліджень показали, що рекомендовані значення параметрів формування теплового впливу при проведенні випробувань теплових пожежних сповіщувачів, що представлені у роботі, можуть бути використані лише для сповіщувачів класу АІ з терморезистивним чутливим елементом типу VISHAY 640-10K.

В роботі [4] авторами побудовано аналітичний вираз для постійної часу сповіщувача у вигляді регресійної моделі, факторами якого є характерний розмір чутливого елемента сповіщувача, діаметр труби, по якій рухається тепловий потік, та швидкість його руху. Цей вираз характерний для пожежних сповіщувачів з терморезистивним елементом та може застосовуватись для визначення одного часового параметра – постійної часу.

Спосіб визначення постійної часу теплових пожежних сповіщувачів [5], який полягає в тому, що формують тепловий вплив на чутливий елемент теплового пожежного сповіщувача, температуру теплового впливу змінюють за лінійним у часі законом, вимірюють час досягнення вихідного сигналу чутливого елемента пожежного сповіщувача фіксованого рівня, а величину постійної часу теплового пожежного сповіщувача визначають за формулою.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Проведений аналіз відомих методів визначення часових параметрів часу спрацювання та постійної часу пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом дозволяє стверджувати, що доцільним є проведення експериментального дослідження для визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою дослідження є встановлення залежності часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів у разі пожежі у приміщеннях від висоти та відстані їх розміщення від потенційного осередку пожежі.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

– розробити методiku проведення експериментального дослідження для виявлення залежності часу спрацювання пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом у разі пожежі в приміщеннях від відстані та висоти їх розміщення від потенційного осередку пожежі;

– провести експериментальні дослідження для виявлення залежності часових

параметрів пожежних сповіщувачів;

– обробити результати експериментального дослідження, що в подальшому дадуть змогу здійснити порівняння фактичних часових параметрів та параметрів, які використані, із за допомогою процедури імпульсного методу визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.

Метою проведення експерименту є отримання залежності часу спрацювання пожежного сповіщувача $\tau_{сп}$, с від відстані вертикальної осі осередку пожежі l , м, від висоти розміщення пожежного сповіщувача від підлоги h , м (рис. 1). У роботі використано методику повнофакторного експерименту типу 2^2 .

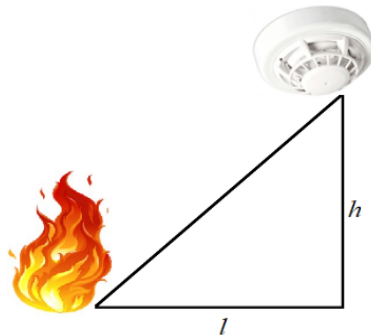


Рисунок 1. Розміщення пожежного сповіщувача відносно осередку пожежі

Для експериментальних досліджень використовуємо теплові пожежні сповіщувачі. При цьому необхідно здійснити експеримент для різних типів теплових пожежних сповіщувачів (адресних та не адресних) та контрольні – приймальні станції до них. В експериментальних дослідженнях використані сертифіковані в Україні теплові сповіщувачі, які показані на рисунку 2 та є одними з найбільш поширених.

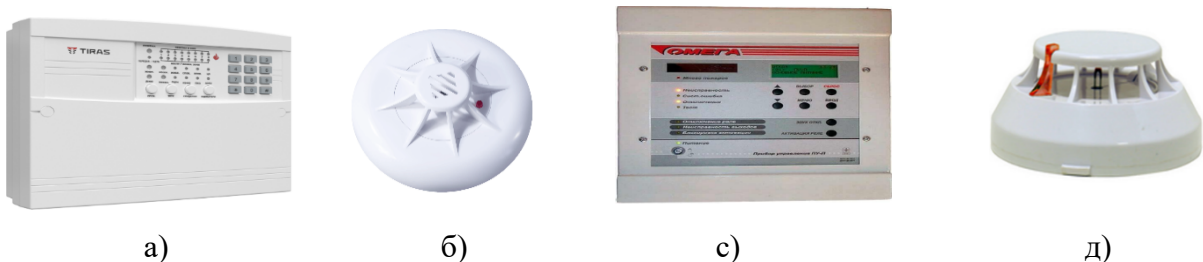


Рисунок 2. Пожежні теплові сповіщувачі та приймально-контрольні прилади, що використані при проведенні експерименту: а) прилад контрольний- пожежний без адресний; б) прилад контрольний пожежний адресний; с) сповіщувач пожежний тепловий не адресний; д) сповіщувач пожежний тепловий адресний

Експериментальні дослідження визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом слід проводити в закритому приміщенні із температурою, яка не перевищує мінімальний поріг спрацювання сповіщувача. Під час проведення експерименту необхідно змінювати відстань осередку пожежі від пожежного сповіщувача, висоту розміщення пожежних сповіщувачів. Тому рівні зміни факторів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Рівні зміни факторів

Рівні факторів	$l, \text{ м}$		$h, \text{ м}$	
	\tilde{x}_1	$\ln \tilde{x}_1$	\tilde{x}_2	$\ln \tilde{x}_2$
Верхній (+)	10	2.30	8	2,08
Нульовий (0)	5,5	1.7	6	1,79
Нижній (-)	1	0	4	1,39

Схема підключення сповіщувачів до приладів приймально-контрольних пожежних наведена на рис. 3.

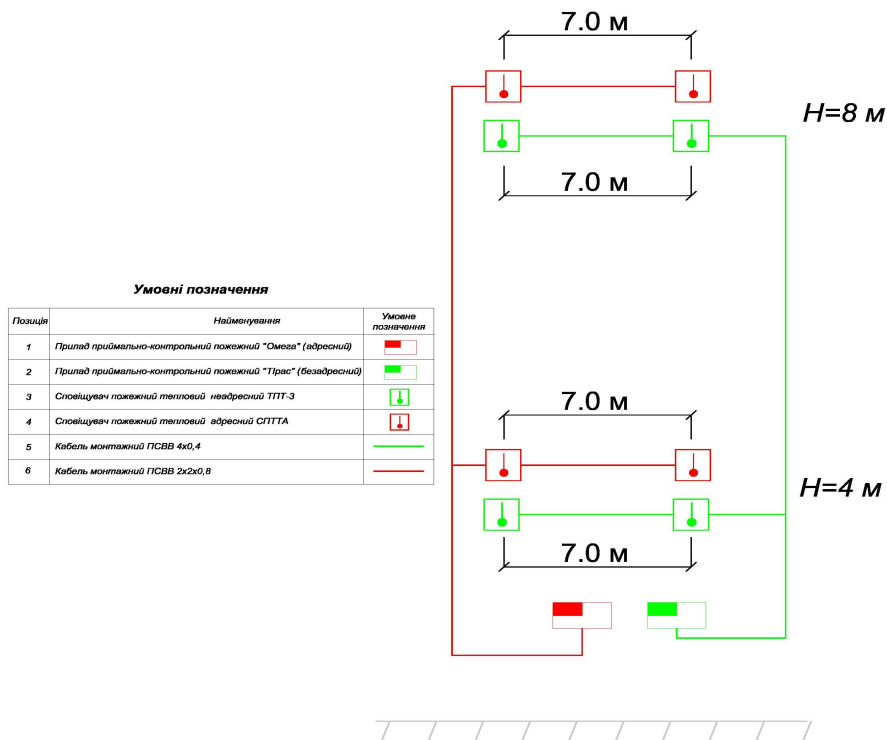


Рисунок 3. Схема підключення сповіщувачів до приладів приймально-контрольних пожежних

В якості горючого матеріалу для проведення експериментального дослідження використовувалась деревина. Модельне вогнище типу 1А створено за допомогою дерев'яних брусків перерізом 40х40 мм та довжиною 500 мм, які були розміщені у вигляді решітки із 12 рядів по 6 шт. у кожному ряді (рис. 4).

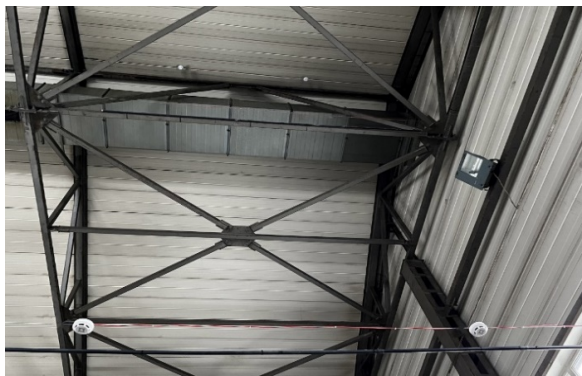


Рисунок 4. Модельне вогнище для проведення експерименту

Під дерев'яні бруски встановлювався піддон 400x600 мм, який для підпалювання деревини наповнювався бензином А-95 об'ємом 1 л.

Результати експерименту

Експериментальні дослідження проводились у виробничо-складському приміщенні розмірами 24 x 52 м та висотою 12,4 м. У приміщенні на шлейфах змонтовано по два пожежних сповіщувачі неадресного типу та по два сповіщувачі адресного типу на висоті 4 та 8 м (рис. 5, а). Відстань між сповіщувачами 7 м. Для прийняття та виведення сигналу про пожежу у приміщенні змонтовано прилади приймально-контрольні пожежні, а саме: прилад пожежної сигналізації Тірас-8П для під'єднання сповіщувачів ТПТ-3, прилад пожежної сигналізації Омега, для під'єднання сповіщувачів СПТТА (рис. 5, б).



а)



б)

Рисунок 5. Приміщення, у якому проводяться досліди: а) розміщення пожежних сповіщувачів на висоті 4 та 8 м; б) модельне вогнище та контрольно – вимірювальні прилади

Результати дослідження часу спрацювання адресного пожежного сповіщувача наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Дослідження часу спрацювання адресного теплового пожежного сповіщувача

Дослід	(l) x ₁		(h) x ₂		Перший дослід τ _{сп} , с	Другий дослід τ _{сп} , с	Середнє значення τ _{сп. сер} , с	L _n (τ _{сп.сер})
	Код x ₁	Значення	Код x ₂	Значення	Результат		Код x ₁	Значення
1	-1	1	-1	4	70	71	70,5	4,26
2	+1	3,5	-1	4	274	276	275	5,62
3	-1	1	+1	8	123	122	122,5	4,80
4	+1	3,5	+1	8	418	421	419,5	6,04

Результати дослідження часу спрацювання неадресного теплового пожежного сповіщувача ТПТ-3 наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Дослідження часу спрацювання неадресного теплового пожежного сповіщувача

Дослід	(l) x ₁		(h) x ₂		Перший дослід τ _{сп, с}	Другий дослід τ _{сп, с}	Середнє значення τ _{сп, с.ср} , с	Ln (τ _{сп,ср})
	Код x ₁	Значення	Код x ₂	Значення	Результат		Код x ₁	Значення
1	-1	1	-1	4	72	74	73	4,29
2	+1	3,5	-1	4	276	279	277,5	5,63
3	-1	1	+1	8	121	123	122	4,80
4	+1	3,5	+1	8	417	419	418	6,04

Обробка результатів експериментальних досліджень. При плануванні експериментів було застосовано повнофакторний експеримент типу 2². Перевірка відтворюваності дослідів при однаковій кількості паралельних дослідів на кожному поєднанні рівнів факторів здійснювалась за критерієм Кохрена. Також здійснена оцінка значущості коефіцієнтів регресії за допомогою критерію Стюдента. Для перевірки адекватності представлених моделей використано критерій Фішера.

Результати дослідження показали, що найбільша залежність існує між часом спрацювання пожежних сповіщувачів та питомою масовою швидкістю вигорання горючого матеріалу.

Обговорення результатів дослідження часу спрацювання різних типів пожежних сповіщувачів у разі пожежі у складських приміщеннях. Результати експерименту дозволяють розмістити теплові пожежні сповіщувачі у такий спосіб, щоб відбулось їх як найшвидше спрацювання. Зменшення часу виявлення загорання пришвидшить реагування, адже раннє виявлення небезпечних чинників пожежі дозволяє мінімізувати ризики для життя та здоров'я людей та зменшити можливі завдані збитки.

Метод, представлений у роботі, є об'єктно-орієнтований і спрямований на фактичне визначення часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів. Обмеженнями даного дослідження є те, що його результати можна застосовувати для приміщень висотою до 8 м.

В перспективі розвитком даного дослідження є серія експериментів для приміщень різної висоти із зміною горючого матеріалу із параметрами масової швидкості вигорання у більш широкому діапазоні, що дозволить отримати параметри та кількісні оцінки для визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом.

Висновки:

1. Запропонований метод проведення експериментального дослідження дозволяє встановити залежність часу спрацювання різних типів пожежних сповіщувачів (адресних та не адресних) при пожежі у приміщеннях від відстані та висоти їх розміщення до потенційного осередку пожежі.

2. Експериментальні дослідження показали, що час спрацювання будь-якого пожежного сповіщувача є меншим при зменшенні відстані від вертикальної осі сповіщувача та при монтуванні сповіщувача ближче до перекриття.

3. Отримані дані дозволяють провести їх оцінки для подальших досліджень з визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Системи пожежної сигналізації. 4.5. Сповіщувачі пожежні, теплові точкові (EN 54-5:2000, ІДТ): ДСТУ EN 54-5:2003 (чинний від 2003-16-12). Київ: Держ. стандарт України, 2004. 162 с.
2. Извещатели пожарные. Огневые испытания: ГОСТ Р 50898-96 / введен в действие с 1996-24-04). Москва: Госстандарт России, 1996. 21 с.
3. Я. Ю. Кальченко, К. А. Афанасенко, Д. В. Істратова, Визначення параметрів формування теплового впливу при проведенні випробувань пожежних сповіщувачів. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 1(35) 147-156 с.
4. Я. Ю. Кальченко, Ю. А. Абрамов, Математичні моделі теплових пожежних сповіщувачів. Сборник научных трудов. Выпуск 43, 2018. 58-63с.
5. Абрамов Ю. О., Собина В. О., Загора О. В., Фещенко А. Б. Патент на корисну модель № 150267 зареєстрований в Державному реєстрі України 19.01.2022
6. Абрамов Ю. А., Коврегин В. В., Садковой В. П. Температурные объектовые испытания тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом. Харьков: УГЗУ, 2009. 115 с.
7. Kozak Ya., Abramov Yu., Basmanov O. Substantiating the pulse method for determining the time parameter of fire detectors with a thermoresistive sensing element. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. December. Vol. 6, iss. 5 (114). P. 49–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244235
8. Козак Я. Я. Імпульсний метод визначення часових параметрів теплового пожежного сповіщувача. *Комунальне господарство міст*. 2001. Т. 4, вип. 164. С. 153–157. DOI: 10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157
9. Козак Я. Я. Температурна похибка при визначенні часового параметра пожежного сповіщувача із терморезистивним чутливим елементом. *Комунальне господарство міст*. 2021. Т. 6, вип. 166. С. 151–155. DOI: 10.33042/2522-1809-2021-6-166-151-155
10. Dinh T., Phan H., Qamar A., Woodfield P., Nguyen N. and Dao D. V. Thermoresistive Effect for Advanced Thermal Sensors: Fundamentals, Design Considerations, and Applications. *Journal of Microelectromechanical Systems*. 2017. October. Vol. 26, no. 5. P. 966–986. DOI: 10.1109/JMEMS.2017.2710354

REFERENCES

1. Fire alarm systems. 4.5. Fire detectors, thermal point detectors (EN 54-5:2000, IDT): DSTU EN 54-5:2003 (from 2003-16-12). Kyiv: Derzhstandard Ukraine, 2004. 162 p. [in Ukrainian]
2. Fire detectors. Fire tests: GOST R 50898-96 / from 1996-24-04). Moscow: Gosstandart Russia, 1996. 21 c. [in Russian]
3. Kalchenko Ya. Yu., Afanasenko K. A., Istratova D. V., The parameters determination of the thermal influence formation during fire detector tests. Problems of emergencies. 2022. No. 1(35) pp. 147-156. [in Ukrainian]
4. Kalchenko Ya. Yu., Abramov Yu. A, Mathematical models of thermal fire detectors. Collection of scientific works, 43, 2018. 58-63 p.
5. Abramov Y.O., Sobina V.O., Zakora O.V., Feshchenko A.B. Patent for utility model No. 150267 registered in the State Register of Ukraine on January 19, 2022
6. Abramov A., Kovrehin V., V. V., Sadkovi V. P. Temperature object testing of thermal fire detectors with the thermal resistant sensitive element. Kharkiv: UGZU, 2009. 115 c. [in Russian]
7. Kozak Ya., Abramov Yu., Basmanov O. Substantiating the pulse method for determining the time parameter of fire detectors with a thermoresistive sensing element.

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. December. Vol. 6, Iss. 5 (114). P. 49–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.244235

8. Kozak Y. Y. (2001) Pulse method for determining the time parameters of thermal fire detectors. *Public utilities of cities*. Vol. 4, 164, 153-157. DOI: 10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157

9. Kozak Y. Y. (2021) Temperature error in determining the fire detector's time parameter with a thermal resistant sensitive element. *Public utilities of cities*. Vol. 6, 166, 151-155. DOI: 10.33042/2522-1809-2021-6-166-151-155

10. Dinh T., Phan H., Qamar A., Woodfield P., Nguyen N. and Dao D. V. (2017) Thermoresistive Effect for Advanced Thermal Sensors: Fundamentals, Design Considerations, and Applications. *Journal of Microelectromechanical Systems*, Vol. 26, 5, 966–986. DOI: 10.1109/JMEMS.2017.2710354

Olena VASYLIEVA¹, Ph.D., Doctor of Technical Sciences, (ORCID: 0000-0003-2921-1760),

Oleksandr KOVAL², Doctor of Technical Sciences, (ORCID: 0000-0002-6208-6482),

Yaroslav KOZAK¹, (ORCID: 0000-0003-1283-2536),

¹Lviv State University of Life Safety,

²LLC «Vsesvit Comfort Company»

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FIRE DETECTOR'S TIME PARAMETERS DETERMINING PROCESS USING THE PULSE METHOD

One of the most relevant methods to reduce losses from fires is to identify fire hazards. The most effective in this case is the early detection of fires using automatic fire protection systems and their timely localization. The performance of such systems is determined by the proper technical characteristics of fire detectors, which are the first link in any automatic fire protection system and its proper operation.

Ensuring the proper functioning of automatic fire protection systems, in particular primary information sensors - fire detectors - is an important component, as their work is aimed at detecting a fire at its initial stage. After all, early detection of fire hazards minimizes the risks to human life and health and reduces possible damage.

Among the types of fire detectors, thermal fire detectors are one of the most common. This is due to their simple design, low maintenance, and low cost.

Thermal fire detectors are effective in cases where the initial stage of the fire is expected to be significant with intense heat generation, where the smoke spread is difficult, and where the use of other types of detectors may lead to false alarms.

The performance of such systems is determined by the fire detectors' main parameters perfection, which include the response time and time constant.

The main technical characteristics of thermal fire detectors are: rated operating temperature, operating time, and time constant. The time parameters of thermal fire detectors are interrelated. The time constant of a fire detector to its response time can be up to 20% at the rate of the ambient temperature change $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Keywords: fire detectors, thermal resistant sensitive element, simulation model, time parameters, electric current pulses, experiment.