

**ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА ДАТЧИКА  
ТЕМПЕРАТУРИ З ПОКРАЩЕНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

## Зміст

	Вступ	3
1	Математичний опис чутливого елемента датчика температури	6
1.1	Математичний опис чутливого елемента датчика температури з позистором	6
1.2	Математична модель чутливого елемента датчика температури з термістором з урахуванням сукупного впливу матеріалу напівпровідника, конструктивних особливостей і номінального опору при заданій температурі	10
2	Визначення динамічних параметрів датчика температури	14
2.1	Визначення постійної часу чутливого елемента датчика температури за даними сертифікаційних випробувань	14
2.2	Визначення динамічних параметрів датчиків температури СПТМ-70 та СПТ-2Б за даними експериментальних досліджень	17
	Висновки по роботі	20
	Література	21

## ВСТУП

Серед основних завдань національної безпеки України, Державною службою України з надзвичайних ситуацій визначено надійний захист населення й території від надзвичайних ситуацій техногенного й природного походження. Важливою складовою такого завдання, є боротьба з пожежами.

За оперативними даними, упродовж січня – вересня 2019 року в Україні зареєстровано **117 надзвичайних ситуацій** (далі – НС), які відповідно до Національного класифікатора «Класифікатор надзвичайних ситуацій» ДК 019:2010 розподілилися на:

техногенного характеру	- 44;
природного характеру	- 70;
соціального характеру	- 3.

**Внаслідок цих надзвичайних ситуацій загинуло 152 особи (з них 20 дітей) та постраждала 1201 особа (з них 563 дитини).**

10 червня 2019 року внаслідок пожежі у одноповерховому корпусі відділення № 7 комунального некомерційного підприємства «Одеський обласний медичний центр психічного здоров'я» (м. Одеса, вул. Академіка Воробйова, 9) загинуло 7 осіб та 3 особи постраждало;

17 серпня 2019 року внаслідок пожежі в двоповерховому готелі «Токіо Стар» (м. Одеса, вул. Водопровідна, 1-а) загинуло 9 осіб та постраждало 10 осіб (з них 7 осіб врятовано підрозділами ДСНС). Під час ліквідації пожежі евакуйовано 136 осіб;

Велику небезпеку становлять пожежі у навчальних закладах – школах. Наприклад, пожежі в школах Харкова трапляються два-три рази на рік. Найчастіше пожежі в школах виникають через необережне поводження з вогнем або коротке замикання електропроводки.

Так у п'ятницю, 30.03.17 р., в середній школі № 20 в Дніпрі спалахнула пожежа (рис. 1), через що будівлю заволокло їдким димом.



**Рисунок 1 – Наслідки пожежі у середній школі №20, м. Дніпро**

Причиною загоряння стало коротке замикання в проводці. При цьому про задимлення коридорі повідомив один з учнів, який запізнився. Зайшов в кабінет і сказав, що в коридорі багато диму і, ймовірно, горить проводка", - розповіла одна з вчительок. Після цього всі діти були негайно евакуйовані. Ніхто в результаті інциденту не постраждав. "Ми стали виводити дітей, все було тихо, спокійно і без паніки. Директор школи до останнього ходила перевіряла класи, може хто залишився, збирала речі з роздягальнь і виносила їх на вулицю. Вивели всіх до приїзду пожежників. За словами завгоспа школи, замикання сталося після того, як він підняв один з рубильників. Побачивши вогонь, чоловік намагався загасити полум'я самотужки, проте впоратися з ним не зміг.

Об'єкт дослідження – фізичні процеси прояви температури в чутливих елементах датчиків температури.

Предмет дослідження - вплив фізичних та конструктивних властивостей на параметри чутливих елементів датчиків температури.

Метою роботи є підвищення якості підготовки фахівців, при вивченні питань пов'язаних з роботою систем протипожежного захисту.

Для досягнення поставленої мети, в роботі сформульовані і вирішені наступні задачі:

1. Виконано математичний опис чутливого елемента максимального датчика температури з позистором. Отримані рівняння динаміки та залежності для визначення динамічних параметрів чутливого елемента.

2. Отримано математичну модель чутливого елемента датчика температури з термістором з урахуванням сукупного впливу матеріалу напівпровідника термістора, конструктивних особливостей чутливого елемента і його номінального опору при заданій температурі

3. Отримано залежності для визначення постійної часу, температури спрацьовування і часу спрацьовування чутливого елемента датчика температури з урахуванням швидкості підвищення температури.

4. За результатами експериментальних даних визначено значення постійної часу датчиків температури СПТМ-70 та СПТ-2Б. Отримано задовільний збіг результатів розрахунку часу спрацьовування і динамічної температури спрацьовування СПТМ-70 та СПТ-2Б з результатами експерименту.

Практичне значення одержаних результатів дозволяє:

1. Виробникам систем протипожежного захисту визначати фізичні властивості елементів протипожежного обладнання.

2. Надати рекомендації з технічних характеристик та конструкційного виконання чутливих елементів датчиків температури.

Таким чином, обрана тема роботи «Фізична модель чутливого елемента датчика температури з покращеними характеристиками» є актуальною та важливою.

# **1. МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ**

Кожний об'єкт, на якому застосовані системи протипожежного захисту, є захищеним від пожежі та її наслідків лише у тому випадку, коли ці системи правильно експлуатуються.

У системах протипожежного захисту широко використовуються пожежні сповіщувачі – датчики температури (ДТ), у яких в якості чутливого елемента (ЧЕ) використовується терморезистор. Технічна документація сучасних ДТ не завжди містить весь перелік основних даних. Для дослідження ефективності роботи систем ППЗ необхідно мати достовірні математичні моделі складових її елементів, зокрема чутливих елементів.

В даний час теплові ДТ з терморезисторами як ЧЕ, виготовляють всі провідні фірми, що виробляють протипожежне обладнання, як в Україні, так і за кордоном [7].

## **1.1 Математичний опис чутливого елемента датчика температури з позистором**

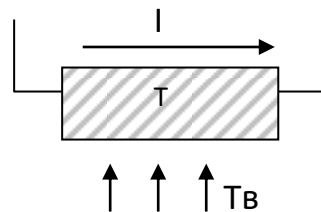
В АСПС широко використовуються ДТ, у яких як ЧЕ використовується терморезистор. Технічна документація сучасних ДТ не завжди містить увесь перелік основних даних. Для дослідження ефективності роботи систем АСППЗ необхідно мати достовірні математичні моделі складових її елементів, зокрема чутливих елементів.

Таким чином, існує проблема математичного опису чутливих елементів сучасних ДТ.

Нині ДТ з терморезисторами в якості ЧЕ, виготовляють усі провідні фірми, що виробляють протипожежне устаткування, як в Україні, так і за кордоном [4, 7].

Оцінка роботи теплового точкового ДТ з урахуванням конструктивних особливостей ЧЕ і умов розвитку пожежі, розглянута в [4]. Проте, для такої моделі вимагається математичний опис конкретного ЧЕ. Математичний опис теплових ДТ, що дозволяє оцінити роботу терморезисторного ЧЕ форми циліндр, порожнистий циліндр і пластина, виконано в [12]. Але для визначення параметрів роботи ДТ потрібні додаткові експериментальні дані. В [6] розглянуто модель теплового ДТ без урахування конструктивних особливостей ЧЕ з термопарою.

Розрахункова схема терморезистора представлена на рис. 1.1.1



**Рисунок 1.1.1 – Розрахункова схема терморезистора**

Математичний опис терморезистора як динамічної ланки отримаємо рівняння для нестационарного теплообміну за критерієм Біо. При малих значеннях Біо ( $Bi < 0,1$ ) характерним буде рівномірний розподіл температури всередині тіла.

Тоді, температура для всіх точок терморезистора в кожен момент часу однакова [6]:

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F d T = \alpha F d T_{\Pi}, \quad (1.1.1)$$

де:  $C$  – теплоємність матеріалу терморезистора, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $m$  – маса терморезистора, кг;  $T$  – температура терморезистора, К;  $\tau$  – час, с;  $\alpha$  – коефіцієнт конвективного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $F$  – площа поверхні терморезистора, м<sup>2</sup>;  $T_{\Pi}$  – температура оточуючого повітря, К.

В якості чутливого елемента точкового теплового ДТ «Бриз-11» використовується терморезистор з позитивним температурним коефіцієнтом опору в діапазоні робочих температур – позистор. Зміна опору позистора є функцією зміни температури:

$$dR = F(dT). \quad (1.1.2)$$

Згідно [27] опір позисторів в діапазоні робочих температур змінюється за експоненціальним законом:

$$R = R_{\Pi} \cdot e^{A \cdot T}, \quad (1.1.3)$$

де:  $R$  – поточний опір, Ом;  $R_{\Pi}$  – постійна, Ом;  $A$  – температурний коефіцієнт опору, %·К<sup>-1</sup>;  $T$  – поточна температура позистора, К.

Для переходу до лінійного рівняння динаміки позистора, дорівняємо диференціали правої і лівої частини рівняння (1.1.3):

$$dR = R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0} dT. \quad (1.1.4)$$

де:  $T_0$  – значення температури позистора в вихідній точці, К.

Підставимо (2.2.4) в (2.2.1), отримаємо:

$$\frac{C \cdot m}{R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot d \frac{dR}{d\tau} + \frac{\alpha \cdot F}{R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot dR = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi}. \quad (1.1.5)$$



Замінімо диференціали кінцевими прирощеннями:

$$\frac{C \cdot m}{R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot \dot{\Delta R} + \frac{\alpha \cdot F}{R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot \Delta R = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi}. \quad (1.1.6)$$

Перейдемо до відносних змінних:

$$\bar{r} = \frac{\Delta R}{R_0}; \quad \dot{\bar{r}} = \frac{\dot{\Delta R}}{R_0}; \quad \bar{t}_B = \frac{\Delta T_{\Pi}}{T_{\Pi 0}}, \quad (1.1.7)$$

де:  $R_0$  – значення опору позистора в вихідній точці, Ом;  $T_{\Pi 0}$  – значення температури повітря в вихідній точці, К.

Рівняння динаміки позистора у відносних змінних має стандартний вигляд:

$$T_{\Pi} \dot{\bar{r}} + \bar{r} = K_{\Pi} \bar{t}_B, \quad (1.1.8)$$

де:

$$- T_{\Pi} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F} \quad \text{– постійна часу позистора, с;}$$

$$- K_{\Pi} = R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0} \frac{T_{\Pi 0}}{R_0} \quad \text{– коефіцієнт посилення позистора.}$$

З рівняння (1.1.8) випливає, що для зменшення інерційності чутливого елемента ДТ, необхідно зменшувати масу позистора і збільшувати його площу.

Крім того, для зниження  $T_{\Pi}$ , на чутливому елементі може бути розміщений пластинчастий радіатор.

## 1.2. Математична модель чутливого елемента датчика температури з термістором з урахуванням сукупного впливу матеріалу напівпровідника, конструктивних особливостей і номінального опору при заданій температурі

Важливою складовою сучасних систем пожежної сигналізації є ДТ, документація яких не завжди містить їх основні технічні дані. Дослідження ефективності роботи ДТ вимагає інформацію про технічні дані їх складових, зокрема динамічні параметри ЧЕ.

Динамічні параметри ДТ можна визначити використовуючи математичну модель датчика, яка враховує матеріал напівпровідника, конструктивне оформлення, діапазон робочих температур. Таким чином, існує проблема поліпшення технічних даних динамічних параметрів елементів СПС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [4, 13] запропоновані моделі ЧЕ точкового теплового ДТ з урахуванням конструктивних особливостей і умов розвитку пожежі. Проте, запропоновані моделі вимагають точний математичний опис ЧЕ і додаткові експериментальні дані досліджуваного ДТ. У [8] представлена модель ЧЕ з позистором без урахування конструкції, а в [9] модель ДТ з термістором, що враховує конструктивні особливості ЧЕ. Згідно [13], залежність опору  $R_T$  термістора від температури, з урахуванням матеріалу напівпровідника і конструктивних особливостей термістора:

$$R_T = AT^b e^{B/T}, \quad (1.2.1)$$

де:  $A$ ,  $b$ ,  $B$  – константи, що залежать від складу напівпровідникового матеріалу термістора і конструктивного оформлення чутливого елемента;  $T$  – поточна температура термістора, К.

В [15] для спрощення інженерних розрахунків при  $b \ll 1$  прийнято, що

константа  $A$  відповідає опору  $R_{\infty}$  термістора при нескінченно великій температурі. При цьому, для підвищення точності і зручності визначення  $R_T$ , запропоновано враховувати номінальний опір:

$$R_T = R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}, \quad (1.2.2)$$

де:  $R_H$  – номінальний опір термістора, Ом, при температурі  $T_H$ , К.

Підхід для визначення динамічних параметрів ДТ за даними випробувань, наведено в [15].

Дослідимо сукупний вплив матеріалу напівпровідника термістора, конструктивних особливостей ЧЕ і його номінального опору при заданій температурі на динамічні параметри ДТ.

Виконаємо математичний опис ДТ з термістором в інтервалі робочих температур, з урахуванням конструктивних особливостей ЧЕ, матеріалу напівпровідника і його номінального опору при заданій температурі. Рівняння (1.2.1) з урахуванням (1.2.2) має вигляд:

$$R_T = R_H T^b e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}. \quad (1.2.3)$$

Прирівняємо диференціали лівої і правої частини:

$$dR_T = \left[ R_H T^b e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)} \right]' dT; \quad (1.2.4)$$

$$\frac{dR_T}{dT} = bT^{(b-1)} R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)} - T^b \frac{B}{T^2} R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}; \quad (1.2.5)$$

$$\frac{dR_T}{dT} = bT^{(b-1)}R_t + T^b\beta R_t = T^{(b-1)}R_t(b + T\beta); \quad (1.2.6)$$

$$R_t = R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}; \quad (1.2.7)$$

$$\beta = -\frac{B}{T^2}; \quad \frac{dR_T}{dT} = T^{(b-1)}R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}(b + T\beta),$$

де:  $R_t$  – опір термістора при номінальній температурі, Ом;  $\beta$  – температурний коефіцієнт.

Математичну модель термістора, як динамічної ланки, отримаємо з рівняння для нестационарного теплообміну при критерії Біо  $< 0,1$ , що відповідає рівномірному розподілу температури усередині ЧЕ.

Кількість тепла, передана і поглинена термістором [9]:

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{dt} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\Pi}, \quad (1.2.8)$$

де:  $C$  – теплоємність матеріалу термістора, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $m$  – маса термістора, кг;  $T$  – температура термістора, К;  $\tau$  – час, с;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $F$  – площа поверхні термістора, м<sup>2</sup>;  $T_{\Pi}$  – температура навколишнього повітря, К.

Підставимо (1.2.6) в (1.2.8), отримаємо:

$$\frac{C \cdot m}{R_t T^{b-1} (b + \beta T)} \cdot d \frac{dR_T}{dt} + \frac{\alpha \cdot F}{R_t T^{b-1} (b + \beta T)} \cdot dR_T = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi}. \quad (1.2.9)$$

В результаті досліджень, після лінеаризації (1.2.9) методом повного диференціала отримано рівняння динаміки ДТ, що ураховує сукупний вплив

матеріалу напівпровідника термістора, конструктивні особливості ЧЕ та номінальний опір:

$$T_T \frac{\dot{r}_T}{r_T} + \overline{r}_T = K_T \overline{t}_\Pi; \quad (1.2.10)$$

$$T_T = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_T = \frac{T_{B0}}{R_{T0}} R_t T^{b-1} (b + \beta T), \quad (1.2.11)$$

де:  $T_T$  – постійна часу термістора, с;  $K_T$  – коефіцієнт посилення термістора;  $\overline{r}_T$ ,  $\overline{t}_\Pi$  – відносні змінні.

Згідно [14] постійна  $T_T$  часу ДТ визначається по формулі:

$$T_T = \frac{(t_1 - t_{\text{СТАТ}})}{(dt/d\tau)_0 K_T}, \quad (1.2.12)$$

де:  $t_1$  – температура спрацювання ДТ для заданої швидкості зростання температури, К;  $t_{\text{СТАТ}}$  – статична температура спрацювання ДТ, К;  $(dt/d\tau)_0$  – задана швидкість зміни температури [К/с].

Аналіз отриманих результатів показує, для зменшення інерційності ДТ, необхідно зменшити масу і збільшити площу ЧЕ. Для поліпшення конвективного теплообміну, на ЧЕ доцільно розмістити пластинчатий радіатор.

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ

2.1. Визначення постійної часу чутливого елемента датчика температури за даними сертифікаційних випробувань

У паспортних даних крапкових теплових ДТ приводиться час спрацьовування для одного - двох заданих значень швидкості зміни температури навколишнього повітря й не приводиться такий важливий параметр, як постійна часу, що затрудняє аналіз роботи пожежної автоматики при різних значеннях швидкості підвищення температури.

Оцінка інерційності теплового крапкового ПС, може бути здійснена по його математичній моделі [5, 14]. Такий підхід вимагає математичного опису ЧЕ ДТ для кожної конкретної моделі. Для практичного застосування найбільш зручні підходи, що дозволяють виконати оцінку інерційності ДТ без обліку їхніх конструктивних особливостей [12]. У цьому випадку необхідні додаткові експериментальні дослідження ДТ.

Одним з видів сертифікаційних випробувань є визначення часу спрацьовування ДТ  $\tau_{СПР}$  при лінійному підвищенні температури навколишнього повітря.

Передатну функцію ланки, що моделює лінійне підвищення температури на вході ДТ, представимо у вигляді ідеального інтегруючої ланки:

$$W(p) = \frac{1}{T_1 p}; \quad T_1 = \frac{t_0}{\left(\frac{dt}{d\tau}\right)_0} \quad (2.1.1)$$

де:  $T_1$  – постійна часу інтегруючої ланки [с];  $\left(\frac{dt}{d\tau}\right)_0$  - задана швидкість зміни

температури [ $^{\circ}\text{C}/\text{c}$ ];  $t_0$  – початкова температура повітря [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Передатна функція ДТ має вигляд інерційної позиційної ланки [13, 15]:

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1}, \quad (2.1.2)$$

де:  $T$  – постійна часу ДТ [с].

Еквівалентна передатна функція послідовної сполуки ланок (2.1.1, 2.1.2) має вигляд передатної функції інерційного інтегруючої ланки, властивості якого добре вивчені:

$$W(p) = \frac{1}{T_1 p} \cdot \frac{1}{Tp+1}. \quad (2.1.3)$$

Перехідна характеристика для (2.1.3) має вигляд рисунок 2.1 1:

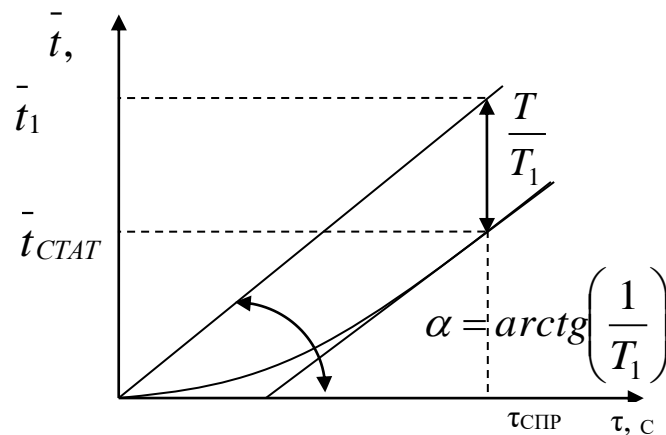


Рисунок 2.1.1 – Перехідна характеристика датчика температури при нагріві

$$\bar{t} = \frac{t-t_0}{t_0}; \quad \bar{t}_{\text{СТАТ}} = \frac{t_{\text{СТАТ}} - t_0}{t_0}; \quad \bar{t}_1 = \frac{t_1 - t_0}{t_0}, \quad (2.1.4)$$

де:  $\bar{t}$  – відносна зміна температури повітря;  $\bar{t}_{\text{СТАТ}}$  – відносна статична

температура спрацьовування ДТ;  $\bar{t}_1$  – відносна температура спрацьовування ДТ при заданій швидкості підвищення температури навколишнього повітря;  $t_0$  – базисне значення температури повітря [°C].

Будемо думати, що ДТ спрацьовує, коли температура чутливого елемента досягає статичної температури спрацьовування  $t_{\text{СТАТ}}$ . При цьому температура навколишнього повітря відповідає значенню  $t_1$ .

Тоді для прийнятих позначень будемо мати:

$$\frac{T}{T_1} = \bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{СТАТ}} \quad (2.1.5)$$

З (2.1.5) можна одержати значення постійної часу для ДТ:

$$T = (\bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{СТАТ}}) \cdot T_1 = \frac{(t_1 - t_{\text{СТАТ}})}{(dt/d\tau)_0 \cdot \frac{1}{60}} \quad (2.1.6)$$

Знаючи постійну часу ДТ можна визначити температуру й час спрацьовування для будь-якої швидкості підвищення температури:

$$t_1 = t_{\text{СТАТ}} + T (dt/d\tau)_0 \cdot \frac{1}{60}; \quad (2.1.7)$$

$$\tau_{\text{СПР}} = \frac{(t_{\text{СТАТ}} - t_0) + (dt/d\tau)_0 \cdot \frac{1}{60}}{(dt/d\tau)_0 \cdot \frac{1}{60}} \quad (2.1.8)$$

З отриманих залежностей видно, що температура та час спрацьовування ДТ для різної швидкості підвищення температури залежать



від інерційності ДТ, статичної температури спрацьовування ДТ і початкової температури повітря.

## **2.2 Визначення динамічних параметрів датчиків температури СПТМ-70 та СПТ-2Б за даними експериментальних досліджень**

При проведенні сертифікаційних випробувань [2, 3], визначається статична температура спрацьовування і час спрацьовування для заданих значень швидкості підвищення температури [К/хв]: 1; 2; 3; 10; 20; 30.

Виявлено, що для визначення значення постійної часу ДТ, достатньо всього двох дослідів сертифікаційних випробувань:

- визначення статичної температури спрацьовування  $t_{\text{СТАТ}}$  ;
- визначення температури спрацьовування ДТ для однієї із заданих швидкостей підвищення температури, далі – далі динамічна температура спрацьовування  $t_{\text{ДИН}}$  [0С].

За методикою [2, 3], були виконані експериментальні дослідження, в яких визначалися:

- статична температура спрацьовування СПТМ-70;
- час спрацьовування СПТМ-70 для заданих значень швидкості підвищення температури;
- динамічна температура спрацьовування СПТМ-70 для заданих значень швидкості підвищення температури.

Середні значення цих параметрів для СПТМ-70, отримані за результатами 9-ти експериментів представлені в таблиці 2.2.1. На рис. 2.2.1 наведено розрахункові (за формулами 2.1.6 ÷ 2.1.8) та експериментальні дані визначення динамічної температури спрацьовування і часу спрацьовування СПТМ-70 для заданих значень швидкості підвищення температури..

Таблиця 2.2.1

Параметри СПТМ-70

$(dt/d\tau)_0, \text{K/хв}$	0,2	5	10	20	30
$t_{\text{СТАТ}}, ^\circ\text{C}$	66				
$\tau_{\text{СРАБ}}, \text{с (експ)}$		437	236	124	90
$\tau_{\text{СРАБ}}, \text{с (розр)}$		456	240	132	96
$t_{\text{ДИН}}, ^\circ\text{C (експ)}$		68,2	71,1	75,1	76,8
$t_{\text{ДИН}}, ^\circ\text{C(розр)}$		68	70	74	78
$T=24, \text{с.}$					

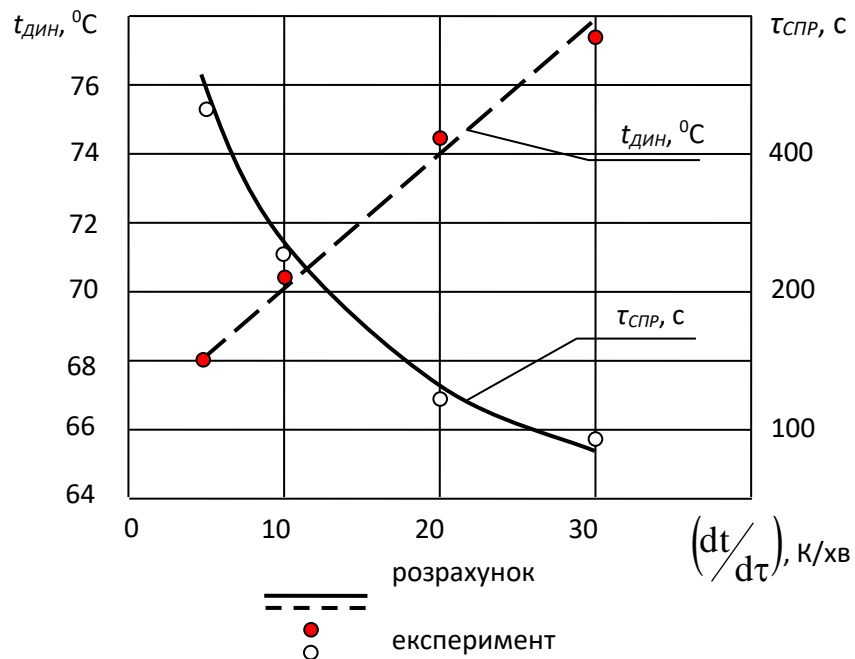


Рисунок 2.2.1 – Залежність  $t_{\text{ДИН}}$  и  $\tau_{\text{СПР}}$  СПТМ-70 від швидкості підвищення температури

Для СПТ-2Б визначення постійної часу  $T$ , часу спрацювання  $\tau_{\text{СПР}}$ , статичної  $t_{\text{СТАТ}}$  та динамічної  $t_{\text{ДИН}}$  температур спрацювання згідно [26], при заданих швидкостях зміни температури: 0,2; 5; 10; 20; 30 К/хвил. Базисна температура  $t_0 = 25$  °С.

Результатів виміру представлені в таб. 2.2.2.

Таблиця 2.2.2

Параметрів СПТ-2Б

dt/d $\tau$ , К/хвил	0,2	3	5	10	20	30
$t_{\text{СТАТ}}$ , 0С експ	66					
$\tau_{\text{СПР}}$ , с експ		825	501	259	135	97
$\tau_{\text{СПР}}$ , с розр		839	511	265	142	101
$t_{\text{ДИН}}$ , 0С експ		67	67, 8	70, 1	73, 5	74
$t_{\text{ДИН}}$ , 0С розр		66, 9	67, 6	69, 2	72, 3	75, 5
$T$ , с розр	19					

Таким чином, за результатами експериментальних даних визначено значення постійної часу датчиків температури СПТМ-70 та СПТ-2Б. Отримано задовільний збіг результатів розрахунку часу спрацювання і динамічної температури спрацювання СПТМ-70 та СПТ-2Б з результатами експерименту.

## ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Виконано аналіз застосування автоматичних систем протипожежного захисту в Україні. Доведено актуальність та важливість обраної теми роботи для України.

2. Виконано математичні описи чутливих елементів максимальних датчиків температури з позистором та термістором. Отримані рівняння динаміки і залежності для визначення динамічних параметрів чутливих елементів при різних швидкостях підвищення температури навколишнього повітря, з урахуванням сукупного впливу матеріалу і конструктивних особливостей чутливого елемента, номінального опору при заданій температурі.

3. За результатами експериментальних даних визначено значення постійної часу, статичної та динамічної температур спрацювання, часу спрацювання датчиків температури СПТМ-70, та СПТ-2Б. Отримано задовільний збіг результатів розрахунку динамічних параметрів з результатами експерименту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015.– 133 с.
2. ДСТУ EN 54-1:2003 Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ. Вид. офіційне . – К. : Держспоживстандарт України, 2004.
3. ДСТУ EN 54-5:2003 Системи пожежної сигналізації. Частина 5. Сповіщувачі теплові точкові. Вид. офіційне . – К.: Держспоживстандарт України, 2004.
4. Абрамов Ю.А., Переста Ю.Ю. Модель теплового пожарного извещателя и оценка времени его срабатывания // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: ХИПБ, 1997. – С.53 – 57.
5. Комар С.В., Литвяк О.М., Дуреев В.О. Визначення постійної часу точкового теплового пожежного сповіщувача за даними сертифікаційних випробувань. Зб. наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, – Вип. 97, – 2008 р. – С.120-123.
6. Литвяк А.Н., Дуреев В.А. Математическое описание терморезистора теплового пожарного извещателя. Проблемы пожежної безпеки. Зб. наук пр. УЦЗ України Вип. 22. – Харків: УЦЗУ. – 2007. – С.
7. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности. Киев.: Бранд мастер. – 2010. – С.198 – 215.
8. Дуреев В.А. Математическое описание чувствительного элемента максимального теплового пожарного извещателя с терморезистором / В.А. Дуреев, А.Н. Литвяк // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. – 2012. № 32 – С. 74–77. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol32/dureev.pdf>

9. Дуреев В.А. Математическое описание чувствительного элемента теплового пожарного извещателя с термистором / В.А. Дуреев // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. – 2016. – Вып. 39. – С. 100–102.
10. Дуреев В.А. Математическая модель чувствительного элемента теплового пожарного извещателя с термистором // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. – 2016. Выпуск 40 – С. 90–93. Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/dureev.pdf>
11. Абрамов Ю.А. Модель теплового пожарного извещателя и оценка времени его срабатывания/ Ю.А. Абрамов, Ю.Ю. Переста// Проблемы пожарной безопасности. – Х.: ХИПБ. – 1997. – С.53 – 57.
12. Гвоздь В.М. Терморезисторные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний. Дисс. канд. техн. наук: 21.06.02 – Черкассы. – 2005. –181с.
13. Шашков А.Г. Динамические свойства цепей с термисторами/ А.Г. Шашков, А.С. Касперович // –М.– Л.:Госэнергоиздат.–1961.–208с.
14. Дуреев В.А. Определение постоянной времени теплового пожарного извещателя с термистором // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. – 2017. Выпуск 41 – С. 70–73. Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol41/dureev.pdf>
15. Meleshchenko R., Dureev V. Mathematical model of thermal fire detector with the thermistor // Проблемы пожарной безопасности. Х.: НУГЗУ, 2018. Вип. 44. С. 89 – 92. Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol32/dureev.pdf>
16. ДСТУ EN 54-5:2003 Системи пожежної сигналізації. Ч.5 Сповіщувачі пожежні теплові точкові. Київ, Держстандарт України, 2004р. 36с.
17. Минкин С.Б., Шашков А.Г. Позисторы. – М.: Энергия. – 1973. – 88 с.