

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
АКАДЕМІЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ**

ПЕТУХОВА ОЛЕНА АНАТОЛІЇВНА

УДК 614.8

**РОЗРОБКА СПРИНКЛЕРНИХ ЗРОШУВАЧІВ ПІДВИЩЕНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ЗА ШВИДКОДІЄЮ**

Спеціальність 21.06.02 - Пожежна безпека

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків - 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Академії пожежної безпеки України, МВС України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент Уваров Юрій Володимирович, Академія пожежної безпеки України, МВС України (м. Харків), начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Пашковський Петро Семенович, Науково-дослідний інститут гірнічо-рятувальної справи, Міністерство палива та енергетики України (м. Донецьк), перший заступник директора;

кандидат технічних наук, доцент Дерев'янка Олександр Анатолійович, Академія пожежної безпеки України, МВС України (м. Харків), начальник кафедри пожежної автоматики та зв'язку.

Провідна установа: Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, Міністерство освіти та науки України (м. Харків), кафедра безпеки життєдіяльності і інженерної екології.

Захист дисертації відбудеться “21” червня 2001 р. в 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.707.01 при Академії пожежної безпеки України, МВС України, за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевського, 94.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Академії пожежної безпеки України, МВС України, за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевського, 94.

Автореферат розісланий “__” травня 2001 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

Кривцова В.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ. Підвищити ефективність застосування установок автоматичного пожежогасіння (АУПТ) можливо, максимально зменшивши час початку гасіння пожежі, що дозволить знизити збиток від нього. Елементом АУПТ, що значно впливає на час гасіння пожежі, є спринклерний зрошувач (СЗ), який спрацьовує при збільшенні температури середовища вище критичного значення, що дозволяє виявити пожежу тільки по одному його небезпечному фактору - температурі. Таким чином, необхідно перейти на нові принципи побудови СЗ, які будуть мати поліпшені характеристики в порівнянні з існуючими аналогами.

Складання СЗ з пристроїв, здатних виявляти пожежу не тільки по температурі, дозволить зменшити час початку гасіння пожежі, а також збитки від неї.

За рубежом дослідження і розробки в даній області широко ведуться фірмами "FACTORY MUTUAL Co", "MERCIA SPRINKLER Co.Ltd", "STAR SPRINKLER Co", "The VIKING Co" (США), "RELIABLE SPRINKLER Co", "MATHER AND PLATT Ltd", "SPRAYSATE AUTOMATIC SPRINKLER Ltd", "ANGUS FIRE" (Великобританія), "GW SPRINKLER A/S" (Данія) та інші фірми США, Японії. У країнах СНД подібною проблематикою займаються ВНДПО МВС РФ, АПБУ, УкрНДПБ МВС України і інші. Складності при створенні СЗ такого типу полягають в тому, що конструкція існуючих СЗ передбачає виявлення пожежі і відкриття випускного отвору СЗ єдиним елементом, а також виявлення пожежі тільки по температурі, що приводить до збільшення часу початку гасіння пожежі. Таким чином, створення простих пристроїв, здатних забезпечити мінімальний час початку гасіння пожежі, є актуальною задачею досліджень.

ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ. Дисертаційне дослідження проводилося в рамках науково-дослідної роботи, яка відповідає переліку проблем науково-технічного розвитку пожежної охорони України на період 2000-2001 рр. (НДР на замовлення ГУДПО МВС України - N 0100U 004313).

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ. Метою дослідження є підвищення ефективності спринклерних зрошувачів за швидкодією. Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити вплив різних параметрів на час спрацьовування спринклерного зрошувача;
- обґрунтувати можливість створення і розробити структурну схему СЗ підвищеної ефективності за швидкодією;

- побудувати математичні моделі часу спрацьовування СЗ;
- оцінити адекватність одержаних математичних моделей;
- розробити метод побудови схеми СЗ для заданих умов його застосування і алгоритм розрахунку часу його спрацьовування;
- оцінити ефективність СЗ за швидкодією.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – спринклерні зрошувачі.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – процеси, що відбуваються в спринклерних зрошувачах.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ - теорія планування експерименту з використанням методу імітаційного моделювання застосовувалися для визначення робочих параметрів моделей часу спрацьовування спринклерного зрошувача; методи математичної статистики і обробки результатів експерименту використовувалися при обробці і оцінці адекватності одержаних моделей.

НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ – обґрунтоване наукове положення про необхідність розділення елементів СЗ по функціональному призначенню, що дозволить збільшити його ефективність за швидкодією;

- вперше запропоновано для опису часу спрацьовування СЗ використовувати швидкість зміни температури і швидкість зміни оптичної щільності середовища в точці встановлення СЗ, що дозволить більш точно визначити час спрацьовування зрошувачів, що мають різні ЧЕ, використовуючи при цьому єдиний підхід;
- отримані залежності часу спрацьовування СЗ від параметрів приміщення і характеристик горючого завантаження в ньому для різних типів чутливих елементів, що дозволить для конкретних умов застосування СЗ визначити його швидкодію;
- розроблений метод побудови схеми СЗ для заданих умов його застосування, що дозволяє на підставі аналізу швидкодії елементів СЗ визначити такий його елементний склад, що забезпечить спрацьовування СЗ з підвищеною ефективністю за швидкодією.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ. Одержані результати дозволяють створити спринклерні зрошувачі підвищеної ефективності за швидкодією для заданих умов його застосування та визначити час його спрацьовування в залежності від параметрів конкретного приміщення і характеристик його горючого завантаження, який менше часу спрацьовування існуючих зрошувачів в $(3 \div 10)$ разів.

Одержані результати у вигляді спрощених моделей температурних і димових полів використовуються в державному науково - виробничому підприємстві "Меридіан" при розробці пожежних сповісників нового типу та методик оптимального їх розміщення. Математичні моделі, що

дозволяють визначити час спрацьовування СЗ, використані в учбовому процесі АПБУ при вивченні дисциплін «Протипожежне водопостачання» та «Пожежна автоматика».

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА:

1. Виконано аналіз схем спринклерних зрошувачів, що забезпечують мінімальний час початку гасіння пожежі [1].
2. Розроблена схема СЗ підвищеної ефективності за швидкодією з розділенням його елементів за функціональним призначенням на чутливий, виконавчий і фіксуючий [3, 9].
3. Запропоновано для визначення часу спрацьовування СЗ використати залежність його від швидкості зміни температури і оптичної щільності середовища в точці встановлення СЗ [7, 8].
4. Одержані моделі часу спрацьовування СЗ, що має тепловий або димовий чутливий елемент і виконавчий пристрій (ВП), що забезпечує відкриття випускного отвору. Спрацьовування ВП відбувається при його прогріванні до температури відкриття під дією електричного струму або під дією зміни температури середовища [2, 7, 8].
5. Створений метод побудови схеми СЗ для заданих умов його застосування і алгоритм визначення часу його спрацьовування в залежності від параметрів конкретного приміщення і характеристик його горючого завантаження, який дозволяє вибрати тип ЧЕ і ВП для побудови СЗ підвищеної ефективності за швидкодією [3, 4].

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ. Основні результати дисертаційного дослідження докладалися на III Всеукраїнській науково-практичній конференції "Пожежна безпека - 97" (УкрНДПБ МВС України, м. Київ 1997 р.), XV науково-практичній конференції "Проблеми горения и тушения пожаров на рубеже веков" (ВНДПО МВС РФ, м. Москва 1999 р.), IV Всеукраїнській науково-практичній конференції "Пожежна безпека - 99" (ЧПБ МВС України, м. Черкаси, 1999 р.), науково-технічних семінарах ХПБ МВС України (1997 - 2000 р.).

ПУБЛІКАЦІЇ. Основні наукові положення і результати досліджень опубліковані в восьми наукових статтях, шість з яких - у виданнях, що входять у перелік ВАК України, в двох матеріалах конференцій та одному деклараційному патенті.

СТРУКТУРА І ОБСЯГ РОБОТИ. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, переліку посилань, додатків. Повний обсяг дисертації 162 стор., 46 табл., 19 рисунків, 101 найменувань переліку посилань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У ПЕРШОМУ розділі зроблено аналіз схем побудови існуючих СЗ і показано, що їм властиві такі недоліки, як недостатня надійність звільнення випускного отвору, можливість реагувати тільки на один небезпечний фактор пожежі, як правило, на досягнення температури середовища певного значення.

Спрацьовування існуючих СЗ відбувається при досягненні температури чутливого елемента (ЧЕ) порогового значення. Тому, для проведення аналізу параметрів, що впливають на час відкриття СЗ, було вирішене рівняння теплопровідності для ЧЕ СЗ з граничними умовами третього роду, що виражають безперервність теплового потоку на межі. Рішення рівняння теплопровідності виявилось можливим з точністю порядку критерію Біо, який для даної задачі $Bi \ll 1$. При цій умові, температура на поверхні ЧЕ приймається рівної її середньо об'ємному значенню. Показано, що рішення можна представити у вигляді

$$t(\tau) = t_0 e^{-\frac{\tau}{T}} + \int_0^{\tau} \frac{1}{T} t_{\text{зов}}(\tau') e^{-\frac{(\tau-\tau')}{T}} d\tau', \quad (1)$$

де t_0 - початкове значення температури ЧЕ, К;

T - постійна часу, с;

τ - момент часу, с;

τ' - моменти часу, що передують τ , с;

$t_{\text{зов}}$ - температура середовища, К.

Аналіз (1) показав, що найбільший вплив на час спрацьовування СЗ має характер зміни температури навколишнього середовища і геометричні характеристики ЧЕ.

Для виявлення параметрів, що впливають на характер зміни температури середовища, зроблений аналіз моделі розвитку пожежі в приміщенні, який показав, що для великої групи горючих речовин оптична щільність середовища в приміщенні досягає значень порога спрацьовування відповідних пристроїв пожежної автоматики в 10 разів швидше, ніж температура. Таким чином, одним з напрямів зменшення часу спрацьовування СЗ є побудова такої його схеми, яка забезпечить можливість спрацьовування не тільки за максимальним принципом, але і за диференціальним, а також при зміні оптичної щільності середовища.

Проаналізовано вплив різних параметрів на розміри ЧЕ і показано, що якщо в якості фіксуючого пристрою (ФП) використати скляну колбу, а в якості ЧЕ - елемент, виконаний з матеріалу з ефектом пам'яті форми

(ЕПФ), який зруйнує ФП при прогріванні до температури спрацьовування, то час спрацьовування ЧЕ залежить від розмірів ФП (діаметра скляної колби і товщини її стінок) і може бути зменшений, якщо зменшити розміри ФП. Однак цей шлях обмежений через необхідність виконання умов надійності. Виходячи з цього, для зменшення часу спрацьовування необхідно забезпечити швидке прогрівання пристрою з матеріалу з ЕПФ, наприклад, під дією електричного струму.

Таким чином, при побудові схеми СЗ доцільно розділити елементи СЗ за функціональним призначенням, що дозволить збільшити його швидкодію.

У ДРУГОМУ розділі розроблена схема СЗ підвищеної ефективності за швидкодією (рис.1), в якій елемент, призначений для виявлення загоряння і відкриття випускного отвору, пропонується розділити за функціональним призначенням на чутливий елемент, виконавчий і фіксуєчий пристрій.

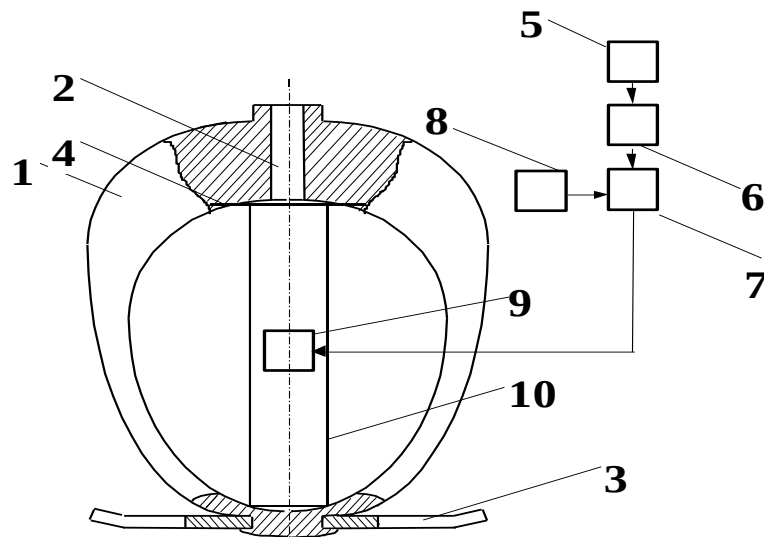


Рис. 1. Схема побудови СЗ підвищеної ефективності за швидкодією:

- 1 - корпус СЗ;
- 2 - випускний отвір СЗ;
- 3 - розпорююча розетка;
- 4 - запірний пристрій (ЗП);
- 5 - чутливий елемент (ЧЕ);
- 6 - підсилювач-перетворювач;
- 7 - електронний ключ;
- 8 - джерело струму;
- 9 - виконавчий пристрій (ВП);
- 10 - фіксуєчий пристрій (ФП).

Час спрацьовування СЗ, побудованого по запропонованій схемі, визначається часом спрацьовування ЧЕ і часом спрацьовування ВП. Звільнення випускного отвору відбувається при руйнуванні ФП практично

миттєво, тому на швидкодію СЗ не впливає.

Розділення елементів за функціональним призначенням дозволяє використати не тільки максимальні теплові ЧЕ, але і диференційні, а також використати принцип виявлення загоряння по зміні оптичної щільності середовища або по декількох небезпечних факторах пожежі.

Проаналізовані моделі елементів СЗ, при цьому вперше запропоновано для визначення часу спрацьовування СЗ використати моделі швидкості зміни температури і оптичної щільності середовища в місці встановлення СЗ.

Показано:

- час спрацьовування теплового чутливого елемента (ТЧЭ) (максимального (2) і диференційного (3)) залежить від швидкості зміни температури середовища A , К/с, постійної часу ЧЕ T , с, і величини порога спрацьовування

$$t(\tau) = t_0 + A\tau - AT \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}} \right); \quad (2)$$

$$\Delta U(\tau) = E \frac{k}{(1+k)^2} A \left[(a_1 - a_2)\tau - a_1 T_1 \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T_1}} \right) + a_2 T_2 \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T_2}} \right) \right], \quad (3)$$

де $\Delta U \equiv U_1 - U_2$, U_1 , U_2 - напруга на відповідному терморезисторі, В;

a - температурний коефіцієнт опору, що залежить від властивостей матеріалу відповідного терморезистора,

E - електрорушійна сила джерела струму, В;

k - параметр, що залежить від схеми підключення терморезисторів.

- час спрацьовування димового чутливого елемента (ДЧЕ) (4) залежить від швидкості зміни оптичної щільності середовища і постійної часу ЧЕ

$$m(\tau) = \int_0^{\tau} \frac{m_{cp}(\tau')}{T} e^{-\frac{(\tau-\tau')}{T}} d\tau', \quad (4)$$

де m - питома оптична щільність диму усередині димової камери, дБ/м;

$m_{cp}(\tau') = A_d \tau'$ - питома оптична щільність середовища в точці встановлення СЗ, дБ/м;

A_d – швидкість зміни оптичної щільності середовища, дБ/(м·с).

- час спрацьовування ВП, виготовленого з матеріалу з ЕПФ, залежить від напруги U , B , (або сили струму), що підводиться, від розмірів ФП, радіуса поперечного перерізу ВП і критичної температури, при якій відбувається спрацьовування ВП

$$t(\tau) = t_0 + \frac{U^2}{R_{\text{э}} mc} \tau, \quad (5)$$

де $R_{\text{э}} = \frac{R_{\text{уд}} \pi R_{\text{к}}}{2 \cdot S_{\text{сеч}}}$ - електричний опір ВП, Ом;

m – маса ВП, кг;

c – теплоємність матеріалу ВП, Дж/(кг·К).

$R_{\text{уд}}$ - питомий опір матеріалу ВП, Ом/м;

$R_{\text{к}}$ – середній радіус ВП (кільця, виконаного з матеріалу з ЕПФ), м;

$S_{\text{сеч}}$ – площа поперечного перерізу ВП, м².

Використання такого ВП дозволяє при наявності ДЧЕ або диференційного ТЧЕ здійснювати виявлення загоряння по двох небезпечних факторах пожежі, що забезпечує мінімальний час і підвищує надійність спрацьовування СЗ.

Проаналізована модель часу спрацьовування піропатрону, який використовується як ВП. Показано, що час його спрацьовування залежить від маси нитки накаливання, теплоємності і питомого опору її матеріалу. Такий ВП потрібно застосовувати при великих масогабаритних характеристиках ФП, оскільки при вибуху піропатрону створюється зусилля значно більше, ніж у ВП з матеріалу з ЕПФ. Однак, комбінований принцип виявлення загоряння при цьому відсутній.

У ТРЕТЬОМУ розділі з використанням методів планування експерименту і імітаційного моделювання одержані моделі часу спрацьовування СЗ, що має різні ЧЕ (тепловий або димовий) і ВП, що забезпечує відкриття СЗ під дією електричного струму.

Моделі часу спрацьовування різних чутливих елементів СЗ представлені у вигляді залежності від швидкості зміни параметрів середовища (температури або оптичної щільності). Тому для точного визначення цих величин в точці встановлення СЗ одержані моделі швидкості зміни температури, оптичної щільності середовища і часу досягнення фронту надмірної температури і диму точки встановлення СЗ для різних характеристик приміщення і горючого завантаження. Показано, що найбільш характерною швидкістю зміни температури середовища в точці

встановлення СЗ, є швидкість в межах $(0.05 \div 1.2)$ К/с, при цьому час досягнення фронту надмірною температурою точки встановлення СЗ знаходиться в межах $(3 \div 25)$ с; а швидкість зміни оптичної щільності середовища лежить в межах $(0.05 \div 4)$ дБ/(м·с) при цьому час, за який фронт диму досягає зрошувача – $(5 \div 24)$ с.

Одержана модель часу спрацьовування ВП виготовленого з матеріалу з ЕПФ, в залежності від напруги в електричній мережі ВП, температурного порогу спрацьовування, середнього радіуса фіксуючого пристрою, товщини стінок фіксуючого пристрою, радіуса поперечного перерізу ВП. Показано, що час спрацьовування такого ВП лежить в межах $(1 \div 12)$ с та найбільший вплив на нього має напруга в електричній мережі і поріг спрацьовування ВП.

Побудовані:

1. Моделі часу спрацьовування СЗ з максимальним ТЧЭ (6) – (8) для різних інтервалів швидкості зміни температури середовища. Фактори, що найбільше впливають на час спрацьовування СЗ і інтервал їх варіювання наведені в табл. 1. Аналіз моделей (6) – (8) показав, що час спрацьовування такого СЗ лежить в межах $(60 \div 1200)$ с (рис. 2), що не перевищує часу спрацьовування аналогічного стандартного СЗ.

Таблиця 1

Рівні варіювання факторів

Інтервал варіювання і рівень факторів	Швидкість зміни температури середовища A_t , К/с			Постій на часу ЧЕ T , с	Поріг спрацьов ування ЧЕ $t_{кр}$, К
Нульовий рівень $x_i=0$	0.075	0.3	0.85	80	343
Інтервал варіювання δ_i	0.015	0.12	0.2	40	10
Нижній рівень $x_i=-1$	0.06	0.18	0.65	40	333
Верхній рівень $x_i=+1$	0.09	0.42	1.05	120	353
Зоряні точки: $x_i=-1,682$	0.05	0.1	0.5	12.7	326
$x_i=+1,682$	0.1	0.5	1.2	147.3	360
Кодове позначення	x_1			x_2	x_3

Для швидкості зміни температури середовища $A_t = (0.05 \div 0.1)$ К/с

$$y_1 = 752.2 - 141.2x_1 + 39.9x_2 + 136.7x_3 + 27.1x_1^2 - 27.4x_1x_3. \quad (6)$$

Для швидкості зміни температури середовища $A_t = (0.1 \div 0.5) \text{ K/s}$

$$y_2 = 242.1 - 98.6x_1 + 34x_2 + 38.8x_3 + 43.9x_1^2. \quad (7)$$

Для швидкості зміни температури середовища $A_t = (0.5 \div 1.2) \text{ K/s}$

$$y_3 = 122.2 - 20.3x_1 + 24.3x_2 + 15.7x_3. \quad (8)$$

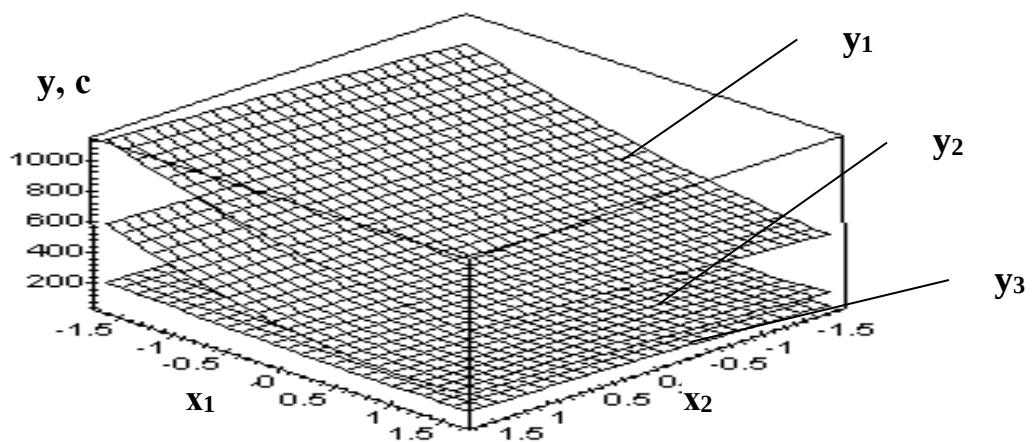


Рис. 2. Залежність часу спрацьовування СЗ, що має максимальний ЧЕ від постійної часу ЧЕ і швидкості зміни температури навколишнього середовища

2. Моделі часу спрацьовування СЗ з диференційним ТЧЕ (9) – (10) для різних інтервалів швидкості зміни температури середовища. Фактори, що найбільше впливають на час спрацьовування СЗ і інтервал їх варіювання наведені в табл. 2. Аналіз моделей (9) – (10) показав, що час спрацьовування такого СЗ лежить в межах $(20 \div 140) \text{ с}$ (рис. 3), що в $(4 \div 5)$ раз менше часу спрацьовування стандартного СЗ.

Таблиця 2

Рівні варіювання факторів

Інтервал варіювання і рівень факторів	Швидкість зміни температур и	Постійна часу ЧЕ	Поріг спрацьовування ЧЕ $\Delta U_{кр}$	Час досягнення фронту надмірної
---------------------------------------	------------------------------	------------------	---	---------------------------------

	середовища $A_t, \text{K/c}$		$T, \text{с}$	B	температури СЗ $\tau_{\phi}, \text{с}$
Нульовий рівень $x_i=0$	0.275	0.85	100	0.75	14
Інтервал варіювання δ_i	0.11	0.17	10	0.12	5.5
Нижній рівень $x_i=-1$	0.165	0.68	90	0.63	8.5
Верхній рівень $x_i=+1$	0.385	1.02	110	0.87	19.5
Зоряні точки: $x_i=-2$ $x_i=+2$	0.05	0.5	80	0.5	3
	0.5	1.2	120	1	25
Кодове позначення	x_1		x_2	x_3	x_4

Для швидкості зміни температури середовища $A_t = (0.05 \div 0.5) \text{ K/c}$

$$y_4 = 61.8 - 15.4x_1 + 4.2x_3 + 8.4x_1^2. \quad (9)$$

Для швидкості зміни температури середовища $A_t = (0.5 \div 1.2) \text{ K/c}$

$$y_5 = 43.4 - 2.4x_1 - 0.17x_2 + 1.23x_3 + 3.72x_4 + 0.39x_1^2 + 0.09x_4^2 - 0.2x_1x_3 + 0.14x_1x_4 - 0.06x_2x_3 + 0.12x_2x_4 - 0.25x_3x_4. \quad (10)$$

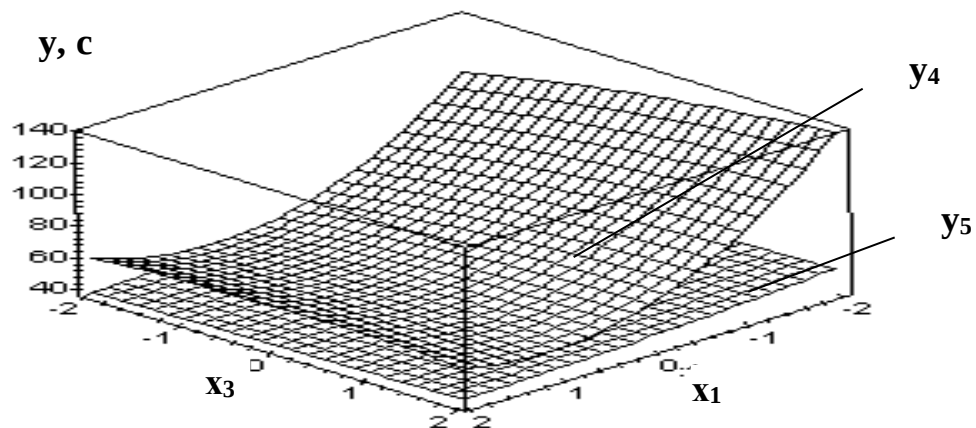


Рис. 3. Залежність часу спрацювання СЗ, що має диференційний ЧЕ від швидкості зміни температури навколишнього середовища і порогу спрацювання ЧЕ

3. Моделі часу спрацювання СЗ з ДЧЕ (11) – (12) для різних інтервалів швидкості зміни оптичної щільності середовища. Фактори, що найбільше впливають на час спрацювання СЗ і інтервал їх варіювання наведені в табл. 3. Аналіз моделей (11) – (12) показав, що час спрацювання такого СЗ лежить в межах $(16 \div 38) \text{ с}$ (рис. 4), що менше часу спрацювання стандартного СЗ більш ніж в 10 разів.

Таблиця 3

Рівні варіювання факторів

Інтервал варіювання і рівень факторів	Швидкість зміни оптичної щільності середовища A_d , дБ/(м·с)		Постійн а часу ДЧЕ T , с	Поріг спрацьов ування ДЧЭ $m_{кр}$, дБ/м	Час досягнен ня фронту диму СЗ, $\tau_{ф}$, с
Нульовий рівень $x_i=0$	0.275	2.25	10.5	0.275	14
Інтервал варіювання δ_i	0,11	0.87	4.75	0.1125	5.5
Нижній рівень $x_i=-1$	0,165	1.38	5.75	0.1625	8.5
Верхній рівень $x_i=+1$	0.385	3.12	15.25	0.3875	19.5
Зоряні точки: $x_i=-2$	0.05	0.5	1	0.05	3
$x_i=+2$	0.5	4	20	0.5	25
Кодове позначення	x_1		x_2	x_3	x_4

Для швидкості зміни оптичної щільності середовища $A_d = (0.05 \div 0.5)$ дБ/(м·с)

$$\begin{aligned}
 y_6 = & 28.05 - 0.6x_1 + 0.4x_2 + 0.38x_3 + 5.05x_4 + \\
 & + 0.33x_1^2 - 0.071x_2^2 - 0.066x_3^2 + 0.13x_4^2 - \\
 & - 0.17x_1x_2 - 0.17x_1x_3 + 0.15x_1x_4 + 0.17x_2x_3 - \\
 & - 0.15x_2x_4 - 0.15x_3x_4.
 \end{aligned} \quad (11)$$

Для швидкості зміни оптичної щільності середовища $A_d = (0.5 \div 4)$ дБ/(м·с)

$$\begin{aligned}
 y_7 = & 27.33 - 0.06x_1 + 0.05x_2 + 0.05x_3 + 5.44x_4 + \\
 & + 0.03x_1^2 - 0.007x_2^2 - 0.007x_3^2 + 0.02x_4^2 - \\
 & - 0.02x_1x_2 - 0.02x_1x_3 + 0.02x_1x_4 + 0.023x_2x_3 - \\
 & - 0.022x_2x_4 - 0.02x_3x_4.
 \end{aligned} \quad (12)$$

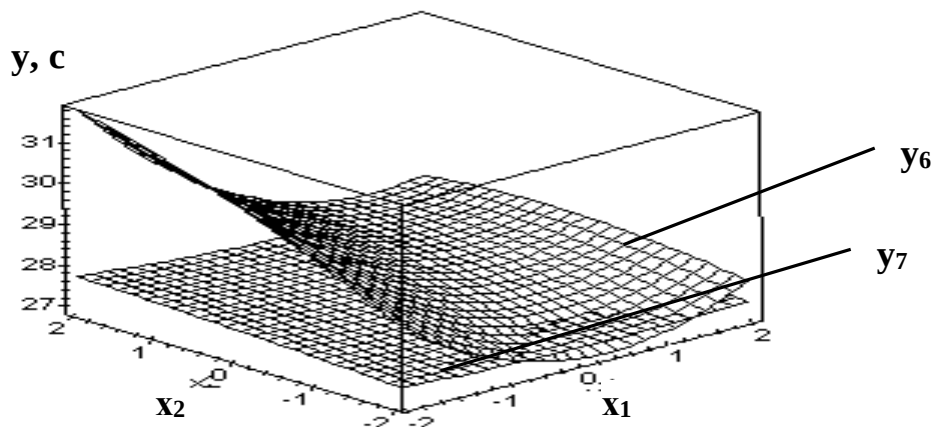


Рис. 4. Залежність часу спрацьовування СЗ, що має димовий ЧЕ від швидкості зміни оптичної щільності середовища і постійної часу ДЧЕ

Аналіз адекватності всіх одержаних моделей проводився по критерію Фішера при 5 % рівні значності (табл. 4, 5). Адекватність обґрунтована, якщо розрахункове значення критерію не перевищує критичне.

Таблиця 4

Результати оцінки адекватності одержаних моделей

Модель	Область дії моделі за швидкістю, A_t , К/с	Довірча ймовірність	Дисперсія адекватності	Критичне значення критерію Фішера	Розрахункове значення критерію Фішера
Модель часу спрацьовування СЗ з максимальним ТЧЕ	0.05 ÷ 0.1	0.95	56.30	4.6	1.60
	0.1 ÷ 0.5	0.95	404.9	4.6	4.09
	0.5 ÷ 1.2	0.95	29.4	4.6	0.6
Модель часу спрацьовування СЗ з диференціальним ТЧЕ	0.05 ÷ 0.5	0.95	43.7	3.8	2.77
	0.5 ÷ 1.2	0.95	0.01	3.8	0.03

Таблиця 5

Результати оцінки адекватності одержаних моделей

Модель	Область дії моделі за швидкістю, A_d , дБ/(м·с)	Довірча ймовірність	Дисперсія адекватності	Критичне значення критерію Фішера	Розрахункове значення критерію Фішера
Модель часу спрацьовування СЗ з ДЧЕ	0.05 ÷ 0.5	0.95	0.1	3.8	0.73
	0.5 ÷ 4	0.95	0.001	3.8	0.49

Виконаний аналіз показав, що в рамках проведення експерименту моделі адекватно описують процеси.

У ЧЕТВЕРТОМУ розділі розглянуті основні напрямки по ефективному застосуванню СЗ підвищеної ефективності за швидкодією, яке залежить від правильності вибору чутливого елемента спринклерного зрошувача для конкретних умов його експлуатації.

Запропоновано алгоритм визначення часу спрацьовування СЗ, основою для якого є математичні моделі елементів, що входять до складу зрошувача.

Розроблено метод побудови схеми СЗ для заданих умов його застосування. Метод, порядок реалізації якого наведено на рис. 5, дозволяє в залежності від параметрів конкретного приміщення і характеристик його горючого завантаження, вибрати тип ЧЕ і ВП для побудови СЗ підвищеної ефективності за швидкодією.

Відповідно до запропонованого методу, спочатку визначається характер розвитку пожежі в приміщенні: швидкість зміни димового і теплового полів і час їх приходу в точку встановлення СЗ. Після перевірки правильності вибору ВП (ВП вибрано правильно, якщо час його спрацьовування не перевищує 15 с), визначається час спрацьовування СЗ, що має диференційний ЧЕ, димовий ЧЕ, і час спрацьовування СЗ за максимальним принципом (тобто у випадку, якщо ЧЕ не спрацює і сигнал на ВП не надійде).

Використання об'єктно-орієнтованого підходу в методі, що пропонується дозволяє для заданих умов застосування СЗ з декількох варіантів компонування його елементів вибрати найбільш ефективний за швидкодією.

Практична реалізація методу визначення часу спрацьовування СЗ для промислового об'єкта показала, що використання СЗ, що має димовий або тепловий диференційний ЧЕ та ВП, виготовлений з матеріалу з ЕПФ, дає можливість забезпечити виявлення загоряння в початковій стадії його розвитку . при цьому, навіть при збільшенні капітальних і експлуатаційних затрат на СЗ, збиток від пожежі значно знижується і річні витрати зменшуються більш ніж у 20 разів.

Вихідні дані		
Параметри приміщення і пожежного завантаження	характеристики чутливих елементів	Характеристики виконавчих пристроїв





Рис. 5. Порядок побудови СЗ підвищеної ефективності за швидкодією

ВИСНОВКИ

1. У роботі показано, що підвищити ефективність спринклерних зрошувачів за швидкодією можливо скороченням часу виявлення ними загоряння. Конструкція існуючих зрошувачів дозволяє здійснювати виявлення пожежі і відкриття випускного отвору одним елементом і тільки за максимальним принципом, що в ряді випадків приводить до збільшення часу початку гасіння пожежі. Розділення елементів спринклера по функціональному призначенню дозволить ввести в схему його побудови пристрої, які здатні виявляти загоряння по швидкості зміни температури чи по зміні оптичної щільності середовища, визначаючи для конкретних умов експлуатації зрошувача тип чутливого елемента, однак, раніш такий метод побудови спринклерів не був розроблений.
2. У роботі за допомогою методів імітаційного моделювання і теорії планування експерименту отримані нові наукові результати, які забезпечують рішення актуальної для пожежної охорони наукової задачі – зниження збитку від пожежі зменшенням часу початку його гасіння, що досягається підвищенням ефективності спринклерних зрошувачів за

швидкодією.

3. Обґрунтоване наукове положення про те, що для збільшення ефективності СЗ за швидкодією необхідно розділити його елементи по функціональному призначенню на чутливий, виконавчий і фіксуючий. Це дозволить як чутливі використовувати сучасні пристрої, спрацьовування яких побудовано не тільки на максимальному, але і на диференційному принципі виявлення загоряння по температурі, а також на зміні оптичної щільності середовища. У якості виконуючих пропонується використовувати елементи, що спрацьовують при нагріванні під дією електричного струму, при цьому час їхнього спрацьовування не перевищує декількох секунд.

4. Вперше запропоновано для опису часу спрацьовування СЗ використовувати швидкість зміни температури і швидкість зміни оптичної щільності середовища в точці встановлення СЗ, що дозволяє більш точно визначити час спрацьовування зрошувачів, що мають різні ЧЕ, використовуючи при цьому єдиний підхід. Показано: швидкість зміни температури середовища в точці встановлення СЗ знаходиться в межах $(0.05 \div 1.2)$ К/с; швидкість зміни оптичної щільності середовища - у межах $(0,05 \div 4)$ дБ/(м·с); час досягнення фронту надлишкової температури чи диму точки встановлення СЗ - у межах $(3 \div 25)$ с.

5. Отримані залежності часу спрацьовування СЗ від параметрів приміщення і характеристик горючого завантаження в ньому для різних типів чутливих елементів, що дозволить для конкретних умов застосування СЗ визначити його швидкодію. Аналіз отриманих моделей показав, що якщо СЗ має ЧЕ:

- тепловий максимального типу, то час спрацьовування СЗ залежить від швидкості зміни температури навколишнього середовища, постійної часу і критичної температури спрацьовування, і лежить у межах $(60 \div 1200)$ с, що не перевищує часу спрацьовування аналогічного стандартного СЗ;
- тепловий диференційного типу, то час спрацьовування СЗ залежить від швидкості зміни температури навколишнього середовища, постійної часу ЧЕ, напруги спрацьовування і часу досягнення фронту надлишкової температури точки встановлення СЗ, і лежить у межах $(20 \div 140)$ с, що в $(4 \div 5)$ разів менше часу спрацьовування стандартного СЗ;
- димовий, то час спрацьовування СЗ залежить від швидкості зміни оптичної щільності середовища, постійної часу ЧЕ, порогу його спрацьовування і часу досягнення фронту диму точки встановлення СЗ, і лежить у межах $(16 \div 38)$ с, що менше часу спрацьовування звичайного СЗ більш ніж у 10 разів.

6. На підставі отриманих моделей розроблений метод побудови схеми СЗ для заданих умов його застосування та алгоритм визначення часу його спрацьовування в залежності від параметрів конкретного приміщення і характеристик його горючого завантаження, що дозволяє вибрати тип ЧЕ і ВП для побудови СЗ підвищеної ефективності за швидкодією.

7. Аналіз адекватності всіх отриманих моделей виконувався з застосуванням методів математичної статистики і обробки результатів експерименту за критерієм Фішера при 5 % рівні значимості. Виконаний аналіз показав, що в рамках проведення експерименту моделі адекватно описують процеси.

8. Результати досліджень у виді спрощених моделей температурних і димових полів використовуються в державному науково - виробничому підприємстві "Меридіан" при розробці пожежних сповіщувачів нового типу і методик їхнього оптимального розміщення. Математичні моделі, що дозволяють визначити час спрацьовування СЗ, використовуються в навчальному процесі АПБУ при вивченні дисциплін «Протипожежне водопостачання» і «Пожежна автоматика». Практична реалізація результатів дослідження показала, що використання СЗ з розділенням елементів по функціональному призначенню дозволяє підвищити його ефективність за швидкодією в $(3 \div 10)$ разів.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Петухова Е.А. Направления совершенствования схем построения спринклерных оросителей // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. - Вып.4.- Харьков: ХИПБ, 1998.- С. 158-161.
2. Петухова Е.А. Оценка времени срабатывания спринклерного оросителя // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. - Юбилейный вып.- Харьков: ХИПБ, 1998.- С. 66 – 70.
3. Петухова Е.А. Построение имитационной модели системы управления вскрытием спринклерного оросителя // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. - Вып.5.- Харьков: ХИПБ, 1999.- С. 163-167.
4. Петухова Е.А. Алгоритм построения спринклерного оросителя повышенного быстродействия // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. - Вып.6.- Харьков: ХИПБ, 1999.- С. 122-125.
5. Петухова Е.А. Анализ требований по выбору огнетушащих средств для жилых и общественных зданий в Украине. – Пожаровзрывобезопасность, - 1999. - N 3. -С. 71 – 74.
6. Петухова Е.А. Оценка быстродействия спринклерного оросителя // Пожежна безпека. Науковий збірник. Частина 3.- Черкаси, ЧПБ МВС

України.- 1999.- С.43-45.

7. Петухова Е.А., Антипов И.А. Построение математической модели спринклерного оросителя // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. - Вып.7.- Харьков: ХИПБ, 2000.- С. 160-162.

8. Петухова Е.А., Уваров Ю.В. Модель спринклерного оросителя повышенного быстрого действия // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. - Вып.8.- Харьков: АПБУ, 2000.- С. 120 – 123.

9. Деклараційний патент 31944 А Україна, А 62С 37/08. Спринклерний зрошувач / Абрамов Ю.О., Єлізаров В.В., Карлаш С.П., Откідач Д.М., Петухова О.А., Грицина І.М (Україна). - № 98116216 - Замовлено 24.11.98; опубл. 15.12.2000, Бюл.№7 – П.

10. Петухова Е.А. Спринклерная противопожарная защита жилых зданий повышенной этажности // Пожежна безпека: Матеріали III науково-практичної конференції.- К.: УкрНДІПБ МВС України, - 1997.- С.313-314.

11. Петухова Е.А. Направление повышения быстрого действия спринклерных оросителей // Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков: Материалы XV научно- практической конференции Ч.1.- ВНИИПО, М., 1999.- С.392-393.

АНОТАЦІЯ

Петухова О.А. Розробка спринклерних зрошувачів підвищеної ефективності за швидкодією. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 21.06.02 - Пожежна безпека. Академія пожежної безпеки України, Харків, 2001.

Запропонована схема побудови спринклерного зрошувача з розділенням елементів за функціональним призначенням на чутливий, виконавчий і фіксуючий, що дозволяє збільшити його швидкодію. Як елемент, що виявляє загоряння пропонується використати диференційний тепловий або димовий елемент, як виконавчий пристрій - піропатрон або елемент, виконаний з матеріалу з ефектом пам'яті форми, запуск яких відбувається під дією електричного струму. Вперше запропоноване для опису часу спрацьовування спринклерного зрошувача використати швидкість зміни параметрів середовища при пожежі в точці встановлення спринклера. На основі зонної моделі розвитку пожежі в приміщенні одержані моделі швидкості зміни температурного і димового полів в точці встановлення спринклера, в залежності від характеристик приміщення, що захищається, і горючого завантаження в ньому. За допомогою імітаційного моделювання і теорії планування експерименту одержані моделі часу спрацьовування спринклера, що має різні чутливі елементи. Розроблений метод побудови

схеми СЗ для заданих умов його застосування і алгоритм визначення часу його спрацьовування в залежності від параметрів конкретного приміщення і характеристик його горючого завантаження, який дозволяє вибрати тип ЧЕ і ВП для побудови СЗ підвищеної ефективності за швидкодією. Практична реалізація цього методу показала, що використання зрошувача з розділенням елементів за функціональним призначенням, дозволяє підвищити його ефективність за швидкодією в $(3 \div 10)$ разів.

Ключові слова: спринклерний зрошувач, модель розвитку пожежі, чутливий елемент, виконавчий пристрій, імітаційне моделювання.

АННОТАЦИЯ

Петухова Е.А. Разработка спринклерных оросителей повышенной эффективности по быстродействию. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – Пожарная безопасность. Академия пожарной безопасности Украины, Харьков, 2001.

Диссертация посвящена разработке спринклерных оросителей повышенной эффективности по быстродействию. Поставленная цель достигается за счет:

На основании проведенного анализа схем построения спринклеров и параметров, влияющих на время их срабатывания, показано, что наиболее значимыми из них являются характер изменения температуры в помещении при пожаре и постоянная времени СО.

Разработана структурная схема СО с разделением элементов по функциональному назначению на чувствительный, исполнительный и фиксирующий, позволяющая увеличить быстродействие СО. Как элемент, который обнаруживает загорание, предлагается использовать дифференциальный тепловой или дымовой элемент. Как исполнительное устройство - пиропатрон или элемент, выполненный из материала с эффектом памяти формы, запуск которых происходит под действием электрического тока.

Впервые предложено для описания времени срабатывания СО использовать модели скорости изменения температуры и оптической плотности среды в точке установки СО. Показано: скорость изменения температуры среды в точке установки СО находится в пределах $(0.05 \div 1.2)$ К/с; скорость изменения оптической плотности среды - в пределах $(0.05 \div 4)$ дБ/(м·с); время достижения фронта избыточной температуры или дыма точки установки СО - в пределах $(3 \div 25)$ с.

С использованием теории планирования эксперимента и методов имитационного моделирования, построены математические модели

времени срабатывания СО, имеющего ЧЭ:

- тепловой максимального типа (время срабатывания СО определяется скоростью изменения температуры окружающей среды, постоянной времени и критической температурой срабатывания, и лежит в пределах $(60 \div 1200)$ с, что не превышает времени срабатывания аналогичного стандартного СО);
- тепловой дифференциального типа (время срабатывания СО определяется скоростью изменения температуры окружающей среды, постоянной времени ЧЭ, напряжением срабатывания и временем достижения фронта избыточной температуры точки установки СО, и лежит в пределах $(20 \div 140)$ с, что в $(4 \div 5)$ раз меньше времени срабатывания стандартного СО);
- дымовой (время срабатывания СО определяется скоростью изменения оптической плотности среды, постоянной времени ЧЭ, порогом его срабатывания и временем достижения фронта дыма точки установки СО, и лежит в пределах $(16 \div 38)$ с, что меньше времени срабатывания стандартного СО более чем в 10 раз).

Разработан метод построения схемы СО для заданных условий его использования и алгоритм определения времени его срабатывания в зависимости от параметров конкретного помещения и характеристик его горючей загрузки, который позволяет выбрать тип ЧЭ и ИУ для построения СО повышенной эффективности по быстродействию.

Результаты исследований используются в учебном процессе Академии пожарной безопасности Украины, а также при разработке новых типов устройств пожарной автоматики и методов их оптимального размещения. Практическая реализация результатов исследования показала, что использование СО с разделением элементов по функциональному назначению, позволяет повысить его эффективность по быстродействию в $(3 \div 10)$ раз.

Ключевые слова: спринклерный ороситель, модель развития пожара, чувствительный элемент, исполнительное устройство, имитационное моделирование.

SUMMARY

Petuhova E.A. Development of sprinkler of raised effectiveness for speed. - Manuscript.

Dissertation on winning of scientific candidate degree of technical sciences on speciality 21.06.02 - Fire safety. Fire Safety Academy of Ukraine,, Kharkov, 2001.

Offers a construction scheme of sprinkler irrigator with division of elements for

functional appropriating for sensible, executive and fixative, that allows to increase to speed of response. As expressing becoming tanned element offers to press into the service of differential heat or smoke element, how an executive device is a squib or element, executed from material with form memory effect, a launching of which takes place under action of electric current. For the first time offered for working time description of sprinkler irrigator to press into the service of environment parameters change speed attached to fire in sprinkler establishment point. On base of zone model of fire development in workplace are obtained the change speed models of fields temperature and smoke in sprinkler establishment point sprinkler in dependence on workplace descriptions sprinkler that is on the defensive and combustible loading in it. By the medium of imitation modelling and experiment planning theory are obtained the sprinkler working time models, that has the different sensible elements. A developed algorithm and sprinkler working time computation method, practical realization of which showed, that use of irrigator with division of elements for functional destination, allows to raise his effectiveness for speed into $(3 \div 10)$ once.

Key words: sprinkler, model of fire development , sensible element, executive device, imitations modelling.

Підписано до друку 3.05. 2001 р.

Друк. ризограф.

Тираж 100

Формат 60×84 1/16

Ум. друк. арк. 1,25

Вид. № 7 Зам. № 42

АПБУ, 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.
