

Ю.О. Абрамов, В.С. Коломієць, В.О. Собина

Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ КЛАСУ В СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯМ РОЗПИЛЕНОЮ ВОДОЮ НА БАЗІ СІГВЕЮ

Визначення часу гасіння пожежі класу В ґрунтується на використанні перехідної функції системи управління. Показаний вплив зміни параметрів такої системи на похибку перехідної функції, яка визначається через функції чутливості по цим параметрам. Встановлений зв'язок між похибками визначення часу гасіння пожежі та похибкою перехідної функції системи.

Ключові слова: пожежа класу В, час гасіння, розпилені вода.

Постановка проблеми

Розпилені вода є дуже ефективним засобом пожежогасіння. Для її використання застосовуються системи управління пожежогасінням як стаціонарного так і нестаціонарного (мобільного) типів. Одним із напрямків розвитку мобільних засобів пожежогасіння є використання в якості їх базового елемента сігвеїв. Визначення потенційних можливостей систем управління пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвеїв виникає необхідність в одержанні апріорних оцінок показників та характеристик цих систем. Однією із проблем при цьому є обґрунтування методів та засобів одержання таких оцінок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Системи управління пожежогасінням характеризуються багатьма показниками та характеристиками, до яких, зокрема, відноситься розподіл Розіна-Рамлера, коефіцієнт розмаху, середній діаметр крапель води по Заутеру, об'ємний діаметр для зваженого за потоком сукупного об'ємного розподілу крапель води, кут конуса розпилення, тощо [1,2]. Переважна більшість цих показників та характеристик визначається в лабораторних умовах [3]. Одним із основних показників систем управління пожежогасінням є час гасіння пожежі [4]. Цей показник може визначатись теоретичними методами [5] або експериментально [6]. Теоретичні методи визначення часу гасіння пожежі, як правило, використовуються на етапі проектування систем управління пожежогасінням. В деяких випадках ці методи можуть використовуватися для одержання апріорних оцінок при визначенні потенційних можливостей систем управління пожежогасінням, які знаходяться в експлуатації. Експериментальні методи визначення

часу гасіння пожежі слід розділити на два напрямки. Перший напрямок характерний тим, що час гасіння пожежі визначається автономно для горіння рідини (як правило у вигляді модельного вогнища горіння) [7,8]. В цьому випадку розпилені вода подається до вогнища горіння за допомогою інших засобів, які не є елементами системи пожежогасіння. Такий підхід використовується для визначення потенційно можливого часу гасіння пожежі. Слід зазначити, що цей підхід не враховує вплив часу запізнення при подачі розпиленої води на ділянці від розпилювачів води до вогнища горіння. Другий напрямок характерний тим, що час гасіння пожежі визначається для всієї системи управління пожежогасінням, для якої пожежа є об'єктом управління. Але і в цьому випадку не враховуються властивості ділянки доставки вогнегасної речовини до вогнища горіння. Окрім цього, відхилення величин параметрів функціональних елементів системи управління пожежогасінням від їх номінальних значень будуть обумовлювати появу похибки в визначенні часу гасіння пожежі, що також не враховується.

Із наведеного аналізу витікає доцільність проведення досліджень, які спрямовані на одержання оцінок часу гасіння пожежі класу В із використанням систем управління пожежогасінням розпиленою водою в умовах зміни величини параметрів її функціональних елементів.

Мета та завдання статті

Метою роботи є одержання оцінок часу гасіння пожежі класу В при використанні системи управління пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвею в умовах зміни її параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- надати формалізовану опцію для визначення часу гасіння пожежі класу В розпиленою водою;

- одержати математичну модель для похибки часової характеристики системи управління пожежогасінням на базі сігвею;

- одержати оцінки часу гасіння пожежі класу В при використанні розпиленої води та оцінити наслідки впливу похибок параметрів системи управління пожежогасінням на цю оцінку;

- розглянути особливості визначення параметрів системи управління пожежогасінням на базі сігвею.

Виклад основного матеріалу

Для визначення основного показника системи управління пожежогасінням, яким є час гасіння t_T пожежі, використовується її часова характеристика. В якості такої характеристики використовується перехідна функція $h(t)$ системи управління пожежогасінням. Час гасіння при цьому є коренем рівняння

$$h(t) - h_T = 0, \quad (1)$$

де h_t - значення перехідної функції системи управління пожежогасінням, яке відповідає моменту гасіння пожежі.

Для вуглеводневих рідин має місце [9]

$$h_T \leq 0,1KI, \quad (2)$$

де K - коефіцієнт передачі системи управління пожежогасінням; I - інтенсивність подачі розпиленої води.

Після об'єднання (1) та (2) рівняння (1) приймає вигляд

$$(KI)^{-1}h(t) - 0,1 = 0, \quad (3)$$

в якому перехідна функція $h(t)$ визначається виразом

$$h(t) = IL^{-1}[p^{-1}W(p)]. \quad (4)$$

В цьому виразі L^{-1} - оператор зворотного перетворення Лапласа; p - комплексна змінна; $W(p)$ - передаточна функція системи управління пожежогасінням, яка визначається наступним чином [10]

$$W(p) = K \left(\sum_{i=0}^2 a_i p^i \right) \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i \right)^{-1}, \quad (5)$$

де a_i, b_i - параметри, які визначаються через час запізнення τ , i - ті постійні часу τ_i та коефіцієнт передачі K і мають вигляд

$$a_0 = 1,0; a_1 = -\tau; a_2 = 0,5\tau^2;$$

$$b_0 = 1 + K; b_1 = \sum_{i=1}^4 \tau_i - K\tau;$$

$$b_2 = \tau_1\tau_2 + \tau_1\tau_3 + \tau_1\tau_4 + \tau_2\tau_3 + \tau_2\tau_4 + \tau_3\tau_4 + 0,5K\tau^2;$$

$$b_3 = \tau_1\tau_2\tau_3 + \tau_1\tau_2\tau_4 + \tau_1\tau_3\tau_4 + \tau_2\tau_3\tau_4;$$

$$b_4 = \prod_{i=1}^4 \tau_i. \quad (6)$$

Наявність похибок $\Delta\tau$, $\Delta\tau_i$ та ΔK буде обумовлювати появу похибки $\Delta h(t)$ часової характеристики системи управління пожежогасінням, для якої можна записати

$$\Delta h(t) = \frac{\partial h}{\partial \tau} \Delta\tau + \sum_{i=1}^4 \frac{\partial h}{\partial \tau_i} \Delta\tau_i + \frac{\partial h}{\partial K} \Delta K. \quad (7)$$

де

$$\frac{\partial h}{\partial \tau} = e_0(t); \quad \frac{\partial h}{\partial \tau_i} = e_i(t); \quad \frac{\partial h}{\partial K} = e_K(t) - \text{функції}$$

чутливості по відповідному параметру.

Функції чутливості в операторній формі мають вигляд

$$\begin{aligned} e_0(t) &= \frac{\partial}{\partial \tau} L^{-1}[p^{-1}W(p)] = IL^{-1}\left[p^{-1} \frac{\partial W(p)}{\partial \tau}\right] = \\ &= KIL^{-1}\left[(\tau p - 1) \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i\right)^{-2} \left[\sum_{i=0}^4 b_i p^i - K \sum_{i=0}^2 a_i p^i\right]\right]; \end{aligned} \quad (8)$$

$$e_1(t) = IL^{-1} \left[p^{-1} \frac{\partial W(p)}{\partial \tau_1} \right] = -KIL^{-1} \left[\left(\sum_{i=0}^2 a_i p^i \right) \times \right. \\ \times \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i \right)^{-2} \left[\prod_{i=2}^4 \tau_i p^3 + (\tau_2 \tau_3 + \tau_2 \tau_4 + \tau_3 \tau_4) p^2 + (9) \right. \\ \left. \left. + \sum_{i=2}^4 \tau_i p + 1 \right] \right] \}$$

$$e_2(t) = IL^{-1} \left[p^{-1} \frac{\partial W(p)}{\partial \tau_2} \right] = -KIL^{-1} \left[\left(\sum_{i=0}^2 a_i p^i \right) \times \right. \\ \times \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i \right)^{-2} \left[\tau_1 \tau_3 \tau_4 p^3 + (\tau_1 \tau_3 + \tau_1 \tau_4 + \tau_3 \tau_4) p^2 + \right. \\ \left. + (\tau_1 + \tau_3 + \tau_4) p + 1 \right] \} \quad (10)$$

$$e_3(t) = IL^{-1} \left[p^{-1} \frac{\partial W(p)}{\partial \tau_3} \right] = -KIL^{-1} \left[\left(\sum_{i=0}^2 a_i p^i \right) \times \right. \\ \times \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i \right)^{-2} \left[\tau_1 \tau_2 \tau_4 p^3 + (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_4 + \tau_2 \tau_4) p^2 + \right. \\ \left. + (\tau_1 + \tau_2 + \tau_4) p + 1 \right] \} \quad (11)$$

$$e_4(t) = IL^{-1} \left[p^{-1} \frac{\partial W(p)}{\partial \tau_4} \right] = -KIL^{-1} \left[\left(\sum_{i=0}^2 a_i p^i \right) \times \right. \\ \times \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i \right)^{-2} \left[\prod_{i=1}^3 \tau_i p^3 + (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) p^2 + \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^3 \tau_i p + 1 \right] \} \quad (12)$$

$$e_K(t) = IL^{-1} \left[p^{-1} \frac{\partial W(p)}{\partial K} \right] = IL^{-1} \left[\left(\sum_{i=0}^2 a_i p^i \right) \times \right. \\ \times \left(p^{-1} \left(\sum_{i=0}^4 b_i p^i \right)^{-2} \right) \left[\sum_{i=0}^4 b_i p^i - K \sum_{i=0}^2 a_i p^i \right] \right] \quad (13)$$

На рис.1 наведені графічні залежності для функцій чутливості по часовим параметрам τ та τ_i , які приведені до інтенсивності подачі I розпиленої води. На рис. 2 наведена залежність функції

чутливості по коефіцієнту передачі K , яка приведена до інтенсивності подачі I розпиленої води. Графічні залежності наведені для характерних величин параметрів τ , τ_i та K системи управління пожежогасінням на базі сігвея.

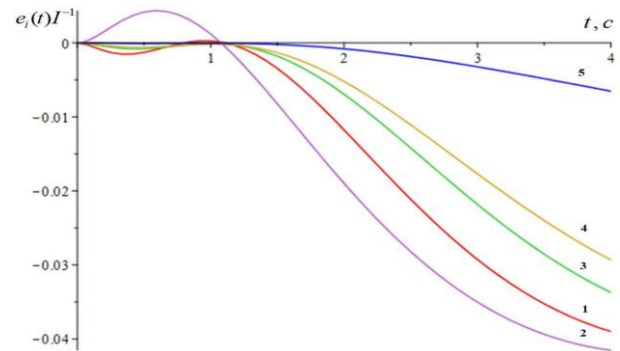


Рис. 1. Функції чутливості по часовим параметрам, приведені до інтенсивності подачі розпиленої води:

$$1 - e_0(t)I^{-1}; 2 - e_1(t)I^{-1}; 3 - e_2(t)I^{-1}; \\ 4 - e_3(t)I^{-1}; 5 - e_4(t)I^{-1}$$

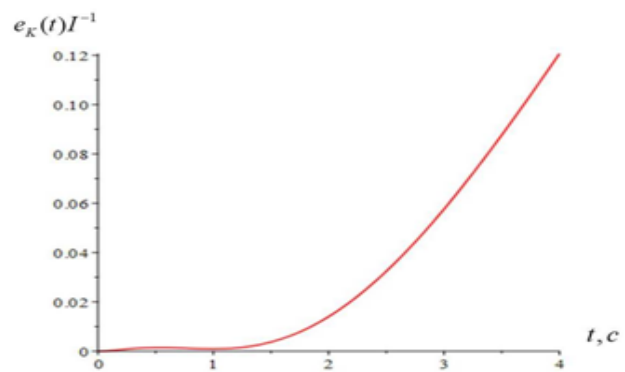


Рис. 2. Функція чутливості по коефіцієнту передачі, приведена до інтенсивності подачі розпиленої води.

Аналіз графічних залежностей свідчить про те, що найбільший вплив на похибку $\Delta h(t)$ мають похибки $\Delta \tau$, $\Delta \tau_1$ та ΔK . Наявність похибки $\Delta h(t)$ приводить до деформації рівняння, за допомогою якого визначають час гасіння t_T пожежі. Внаслідок цього рівняння (3) буде мати наступний вигляд

$$(KI)^{-1} [h(t) - \Delta h(t)] - 0,1 = 0. \quad (14)$$

При характерних величинах параметрів системи управління пожежогасінням, які дорівнюють $\tau = 0,6$ с; $\tau_1 = 0,3$ с; $\tau_2 = 0,8$ с; $\tau_3 = 1,2$ с; $\tau_4 = 10,0$ с; $K = 0,6$;

час гасіння, який визначається коренем рівняння (3), тобто за відсутності похибки $\Delta h(t)$, складає 3,67 с.

Якщо припустити, що величини всіх похибок параметрів системи управління пожежогасінням є однаковими і дорівнюють 10,0 %, то час гасіння згідно рівняння (14) буде складати 4,34 с (при $\Delta h(t_T) = \Delta h_{\max}$). Похибка визначення часу гасіння пожежі складає 18,3 %. Це означає, що для гасіння пожежі класу В розпиленою водою за допомогою такої пожежної установки необхідно збільшити витрати розпиленої води в 1,18 рази в порівнянні із гасінням пожежі, для якої $t_T = 3,67$ с.

Якщо величини похибок параметрів τ, τ_1 та K складають 20,0 %, а інші величини похибок складають 10,0 %, то час гасіння пожежі дорівнює 4,67 с, тобто похибка визначення цього показника складає 29,7 %. В цьому випадку витрати розпиленої води для гасіння пожежі класу В зростають в 1,3 рази.

Слід зазначити, що збільшення витрат розпиленої води при гасінні пожеж системами управління пожежогасінням на базі сігвеїв не завжди можливо. Це обумовлено обмеженням на її запаси, які складають декілька десятків літрів [11]. Наслідком такого обмеження є необхідність в одержанні інформації стосовно відповідності значень параметрів системи управління пожежогасінням на базі сігвеїв їх номінальним величинам. Особливо це стосується, як це витікає із рис.1 та рис. 2, параметрів оператора та коефіцієнта передачі системи управління пожежогасінням.

Принципово визначення параметрів системи управління пожежогасінням та її елементів можливо із використанням часових або частотних методів, які базуються відповідно на часових або частотних характеристиках системи управління пожежогасінням або її елементів, зокрема, оператора та пожежі класу В. Реалізація цих методів пов'язана із рядом особливостей, до яких відносяться:

- параметри оператора визначаються із використанням тренажерів, які відтворюють умови функціонування мобільних пожежних установок на базі сігвеїв при дії небезпечних чинників пожежі. Схема побудови такого тренажера наведена в [12];
- параметри пожежі класу В визначаються із використанням модельних вогнищ пожежі, в яких в якості рідини, що горить, застосовується рідина технологічного процесу об'єкта, на якому можливе виникнення пожежі. Це обумовлено тим, що постійна часу такої пожежі класу В визначається виразом [13]

$$\tau_4 = \rho_v c_v H (T_N - T_0) (\beta Q C)^{-1}, \quad (15)$$

де ρ_v, c_v, H - щільність, теплопровідність та висота полум'я пожежі відповідно; T_N, T_0 - початкова температура полум'я пожежі та температура навколишнього середовища відповідно; C - концентрація кисню в навколишньому середовищі; β - коефіцієнт масопередачі; Q - тепловий ефект горіння, який залежить від параметрів рідини, зокрема, від теплового ефекту горіння. В табл. 1 наведені дані стосовно цього параметра для різних рідин.

Таблиця 1

Значення теплового ефекту для рідин [14]

Рідина	Q, кДж·кг ⁻¹
Бензин А-76	42718
Етиловий спирт	27752
Керосин	43802
Ацетон	28564
Бензол	40604
Толуол	40964

Із цієї таблиці витікає, що величина постійної часу τ_4 пожежі, а значить і час гасіння t_T пожежі, можуть суттєво відрізнитись в залежності від рідини;

- враховуються властивості ділянки доставки розпиленої води до пожежі. Ці властивості враховуються у вигляді часу запізнення τ_n , який є однією із адитивних складових часу запізнення τ системи управління пожежогасінням.

Висновки

1. Надана формалізована опція для визначення часу гасіння пожежі класу В із використанням системи управління пожежогасінням розпиленою водою, в основі якої лежить використання її перехідної функції на рівні, що складає 10,0% відносно її найбільшого значення. Для визначення перехідної функції системи управління пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвею використовується її передаточна функція, яка представлена дрібно-раціональною функцією із поліномом Гурвіца четвертого порядку і в якій запізнення враховано у вигляді полінома другого порядку.

2. Одержано математичну модель для похибки перехідної функції системи управління

3. пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвею через похибки параметрів її функціональних елементів. Для побудови такої математичної моделі використані функції чутливості по параметрам системи, вирази для яких наведені в операторній формі, для якої використано інтегральне перетворення Лапласа. Представлена графічна інтерпретація функцій чутливості і показано, що найбільший вплив на похибку перехідної функції системи управління пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвею мають похибки часу запізнення системи, постійної часу оператора та коефіцієнта передачі цієї системи.

4. Для характерних величин параметрів системи управління пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвею одержані оцінки часу гасіння пожежі класу В і показано, що при однакових похибках параметрів цієї системи, які дорівнюють 10,0%, має місце похибка визначення часу гасіння, яка складає 18,3 %. Наявність такої похибки при визначенні часу гасіння пожежі потребує збільшення витрат води в 1,18 рази. Враховуючи кінцеві запаси води на мобільній пожежній установці виникає необхідність в одержанні інформації стосовно величини параметрів системи управління пожежогасінням.

5. Наведені особливості визначення (контролю) параметрів системи управління пожежогасінням розпиленою водою на базі сігвею, до яких відносяться:

- параметри оператора визначаються за допомогою тренажерів;
- параметри пожежі класу В визначаються із використанням модельних вогнищ пожежі, в яких в якості рідини, що горить, застосовується рідина технологічного процесу об'єкта, на якому можливе виникнення пожежі;
- враховуються властивості ділянки доставки розпиленої води до пожежі (у вигляді часу запізнення, який входить адитивною складовою до часу запізнення системи управління пожежогасінням).

Література

1. Harshad Shrigondekar, Arindrajit Chowdhury, S.V. Prabhu, Characterization of solid-cone simplex mist nozzles, *Fire Safety Journal* V. 111, 2020, 102936, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102936>.
2. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle for water mist and its heptane pool fire extinguishing performance// *Process Safety and Environmental Protection*.2021 Vol. 148, Pages 724-736. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.037>
3. Shrigondekar, H., Chowdhury, A. & Prabhu, S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires. *Fire Technol* 57, 2553–2581 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01130-0>
4. Lu, D. Tan W., Zhu G., Liu L., Gasoline fire extinguishing by 0.7 MPa water mist with multicomponent additives driven

by CO₂, *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 129, 2019, Pages 168-175, ISSN 0957-5820, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.07.002>.

5. Dasgotra A., Rangarajan G., Tauseef S.M. CFD-based study and analysis on the effectiveness of water mist in interacting pool fire suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. V.152.2021.P.614-629. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.033>
6. Yang Liu, Peng Chen, Zhixi Fu, Jiayan Li, Ruibang Sun, Xu Zhai. The investigation of the water mist suppression pool fire process's flame expansion characteristics// *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.2023. vol. 81. P. 104927. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104927>
7. Liu, T.; Yin, X.-Y.; Liu, Y.-C.; Tang, Y.; Huang, A.-C.; Dong, X.-L.; Liu, Y.-J. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect of Different Pool Fires. *Processes* 2022, 10,1549. <https://doi.org/10.3390/pr10081549>.
8. Котов А.Г. Пожежогасіння та системи безпеки. Київ. 2010. 278 с.
9. Шевчук В.Г., Поліщук Д.Д. Фізичні основи пожежовибухонебезпеки. Одеса. 2010. 244 с
10. Абрамов, Ю.О., Коломієць, В.С., Собина, В.О. Структурний синтез мобільної пожежної установки для гасіння пожеж класу В. Ю.О. Абрамов, В.С. Коломієць, В.О. Собина. *Комунальне господарство міст*. Вип. 185. Т. 4. 2024., с. 153–158. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-4-185-153-158>
11. Абрамов Ю.О., Собина В.О., Сошинський О.І. Еволюція автономних мобільних засобів пожежогасіння/. *Комунальне господарство міст*. – Вип. 177. – Т.3 – 2023. – с. 147-152 <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-147-152>
12. Пристрій для визначення характеристик оператора мобільної пожежної установки: Патент Україна 155126: МПК А62С 37/00, А61В5/16, G09В9/02/ Абрамов Ю.О., Собина В.О., Демент М.О., Загора О.В., заяв. та патентовласник НУЦЗУ. - № 202303780; заяв. 7.08.2023; опубл. 07.01.2024; Бюл. № 3.
13. Kolomiiets V., Abramov Y., Basmanov O., Sobyna V., Sokolov D. Determining the dynamic characteristics of a class b fire in the case of extinguishing by water spray. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. V. 6/10 (126) DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292767
14. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній службі. Харків. 2004. 252 с.

References

1. . Harshad Shrigondekar, Arindrajit Chowdhury, S.V. Prabhu, Characterization of solid-cone simplex mist nozzles, *Fire Safety Journal* V. 111, 2020, 102936, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102936>.
2. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle for water mist and its heptane pool fire extinguishing performance// *Process Safety and Environmental Protection*.2021 Vol. 148, Pages 724-736. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.037>
3. Shrigondekar, H., Chowdhury, A. & Prabhu, S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires. *Fire Technol* 57, 2553–2581 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01130-0>
4. Lu, D. Tan W., Zhu G., Liu L., Gasoline fire extinguishing by 0.7 MPa water mist with multicomponent additives driven by CO₂, *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 129, 2019, Pages 168-175, ISSN 0957-5820, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.07.002>.
5. Dasgotra A., Rangarajan G., Tauseef S.M. CFD-based study and analysis on the effectiveness of water mist in

- interacting pool fire suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. V.152.2021.P.614-629. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.033>
6. Yang Liu, Peng Chen, Zhixi Fu, Jiayan Li, Ruibang Sun, Xu Zhai. The investigation of the water mist suppression pool fire process's flame expansion characteristics// *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.2023. vol. 81. P. 104927. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104927>
7. Liu, T.; Yin, X.-Y.; Liu, Y.-C.; Tang, Y.; Huang, A.-C.; Dong, X.-L.; Liu, Y.-J. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect of Different Pool Fires. *Processes* 2022, 10,1549. <https://doi.org/10.3390/pr10081549>.
8. Kotov A.H. *Pozhezhohasinnia ta systemy bezpeky*. Kyiv. 2010. 278 s.
9. Shevchuk V.H., Polishchuk D.D. *Fizychni osnovy pozhezhovybukhonebezpeky*. Odesa. 2010. 244 s
10. Abramov, Yu.O., Kolomiets, V.S., Sobyna, V.O. Strukturnyi syntez mobilnoi pozhezhnoi ustanovy dlia hasinnia pozhezh klasu V. Yu.O. Abramov, V.S. Kolomiets, V.O. Sobyna. *Komunalne hospodarstvo mist*. Vyp. 185. T. 4. 2024., s. 153–158. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-4-185-153-158>
11. Abramov Yu.O., Sobyna V.O., Soshynskyi O.I. *Evoliutsiia avtonomnykh mobilnykh zasobiv pozhezhohasinnia/. Komunalne hospodarstvo mist. – Vyp. 177. – T.3 – 2023. – s. 147-152* <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-147-152>
12. Prystii dlia vyznachennia kharakterystyk operatora mobilnoi pozhezhnoi ustanovy: Patent Ukraina 155126: MPK A62S 37/00, A61V5/16, G09V9/02/ Abramov Yu.O., Sobyna V.O., Dement M.O., Zakora O.V., zaiaiv. ta patentovlasnyk NUTsZU. - № 202303780; zaiaiv. 7.08.2023; opubl. 07.01.2024; Biul. № 3.
13. Kolomiets V., Abramov Y., Basmanov O., Sobyna V., Sokolov D. Determining the dynamic characteristics of a class b fire in the case of extinguishing by water spray. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. V. 6/10 (126) DOI: 10.15587/1729-4061.2023.292767

14. Tarakhno O.V. *Fizyko-khimichni osnovy vykorystannia vody v pozhezhnii sluzhbi*. Kharkiv. 2004. 252 s.

Рецензент: д.т.н., професор, головний науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О.Є. Басманов, Національний університет цивільного захисту України, Україна

Автор: АБРАМОВ Юрій Олексійович
доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру Національний університет цивільного захисту України
E-mail - abramov121146@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Автор: СОБИНА Віталій Олександрович
кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри організації та технічного забезпечення аварійно – рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України
E mail - sobol_84@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6908-8037>

Автор: КОЛОМІЄЦЬ Валерій Станіславович
старший викладач кафедри організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України
E-mail - kolomiets@nuczu.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4058-4026>

DETERMINING THE EXTINGUISHING TIME OF A CLASS B FIRE USING A SEGWAY-BASED WATER SPRAY FIRE EXTINGUISHING CONTROL SYSTEM

Y. Abramov, V. Kolomiets, V. Sobyna,

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

A formalized option is provided for determining the time to extinguish a class B fire with the definition of a spray water fire extinguishing control system, based on the use of its transient function at a level of 10.0% relative to its maximum value. To determine the transient function of the sigma-based fire extinguishing control system for sprayed water, its transfer function is used, which is represented by a fractionally rational function with a fourth-order Hurwitz polynomial and in which the delay is taken into account as a second-order polynomial. A mathematical model for the error of the transient function of the sigma-based fire extinguishing control system for sprayed water due to errors in the parameters of its functional elements has been obtained. For the characteristic values of the parameters of the sigway-based fire extinguishing control system, estimates of the extinguishing time of a class B fire were obtained and it was shown that with the same errors in the parameters of this system, which are equal to 10.0%, there is an error in determining the extinguishing time, which is 18.3%. The presence of such an error in determining the time to extinguish a fire requires an increase in water consumption by 1.18 times. Taking into account the finite water reserves at the mobile fire unit, there is a need to obtain information on the value of the parameters of the fire extinguishing control system. The paper presents the features of determining (controlling) the parameters of the fire extinguishing system with sprayed water based on sigma, which include

- operator parameters are determined using simulators;
- class B fire parameters are determined using model fire foci, in which the liquid of the technological process of the object where a fire may occur is used as a burning liquid;
- the properties of the area where sprayed water is delivered to the fire are taken into account (in the form of a delay time, which is included as an additive component of the delay time of the fire extinguishing control system).

Key words: Class B fire, extinguishing time, sprayed water.