

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

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ МОБІЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ В

Для апіорі заданих показників якості мобільної пожежної установки здійснений її структурний синтез. В основі цього структурного синтезу лежить використання елемента корекції, для якого побудована передаточна функція, яка може бути представлена у вигляді суперпозиції динамічних ланок двох видів. Показано, що для обраних показників якості може бути здійснено зменшення часу гасіння пожежі класу В в $2\div 3$ рази.

Ключові слова: мобільна установка пожежогасіння, передаточна функція, показники якості, час гасіння.

Постановка проблеми

Одним із шляхів розвитку систем пожежогасіння є використання для їх основи сігвеїв [1]. Такі системи включають до свого складу людину-оператора, внаслідок чого виникає необхідність в узгодженні характеристик людини-оператора із характеристиками самої системи [2]. Це, в свою чергу, обумовлює необхідність в створенні математичної моделі для всієї системи пожежогасіння, використання якої відкриває нові можливості для підвищення ефективності при гасінні пожеж. В зв'язку із цим однією із проблем є зменшення часу гасіння пожежі системою пожежогасіння на основі сігвею шляхом підвищення її швидкодії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Час гасіння пожежі є одним із основних показників якості системи пожежогасіння [3]. В [4] експериментально на прикладі дизпалива та гептану визначався час гасіння при використанні розпиленої води. Аналогічні дослідження проводились в [5]. Слід зазначити, що ці дослідження носять локальний характер, тобто їх результати не можуть бути універсальними. Це також стосується результатів, що наведені в [6], а також в [7]. Одержані результати можуть бути використані лише для рідин, для яких здійснювалось гасіння. Для розширеного асортименту палив проводились дослідження зусиллями FM Global та Sandina National Laboratories [8]. До теоретичних методів дослідження слід віднести дослідження процесів гасіння пожеж класу В із використанням обчислювальної гідродинаміки (CED) [9]. Але складність цих обчислювальних процедур обмежує можливість використання CED на практиці.

В переважній більшості досліджень стосовно до гасіння пожеж, зокрема гасіння пожеж класу В при використанні розпиленої води, визначаються локальні характеристики, параметри та показники таких пожеж. По своїй суті система пожежогасіння на основі сігвея відноситься до автоматизованих систем управління [10]. Це обумовлено тим, що до її складу входить людина-оператор. Цілком логічним при одержанні оцінок показників ефективності таких систем є використання характеристик всієї системи [11]. Такі характеристики можуть бути одержані при наявності математичних моделей системи пожежогасіння. Для окремих елементів систем пожежогасіння із використанням розпиленої води побудовані математичні моделі. Зокрема, це стосується пожежі класу В як об'єкта управління [12], людини-оператора такої системи [13] тощо. Один із варіантів математичного опису систем пожежогасіння такого класу наведений в [14], де використовуються методи технічної кібернетики. Але при цьому не розглядаються задачі синтезу систем пожежогасіння із апіорі заданими показниками їх ефективності.

Це дає підстави для проведення досліджень, спрямованих на розробку алгоритму синтезу систем пожежогасіння із апіорі заданими показниками їх ефективності.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є обґрунтування алгоритму побудови структури мобільної пожежної установки на основі сігвея та вибору її параметрів за умови апіорі заданих показників її якості стосовно швидкодії та характеру перехідного процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- побудувати узагальнену функціональну схему мобільної пожежної установки та одержати вираз для сукупності її функціональних елементів;
- за умови апіорі заданих показників якості перехідного процесу в мобільній пожежній установці визначити вираз для її еталонної передаточної функції;
- побудувати вираз для передаточної функції елемента корекції мобільної пожежної установки та надати його структурно-динамічну схему;
- надати словесну інтерпретацію алгоритму, який забезпечує досягнення мети дослідження;
- навести приклад його реалізації.

Виклад основного матеріалу

Мобільна пожежна установка (МПУ) представляє собою сігвей, на якому розміщені контейнери із вогнегасною речовиною, балон із стисненим повітрям, гідромагістраль, форсунка та органи управління [15]. На сігвеї розміщується і оператор, який здійснює управління цією МПУ. Функціональна схема такої МПУ наведена на рис. 1

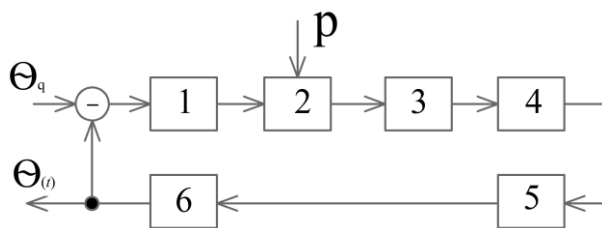


Рис. 1. Функціональна схема МПУ:

1 - оператор; 2 – органи управління; 3 – гідро магістраль; 4 – форсунка; 5 – навколишнє середовище; 6 – об’єкт управління (гасіння).

Цільовою функцією такої МПУ є вираз.

$$T(t) - T_g \leq 0 \quad \text{при} \quad t \geq t_g, \quad (1)$$

де $T(t)$ - температура полум’я пожежі; T_g, t_g - температура та час гасіння пожежі відповідно.

На рис. 1 враховано, що

$$\theta(t) = T_N - T(t); \quad \theta_g = T_N - T_g,$$

де, T_N – початкова температура полум’я пожежі.

За допомогою органів управління 2 здійснюється подача вогнегасної речовини (під тиском P) від контейнерів із цією речовиною.

Сукупність функціональних елементів МПУ описується передаточною функцією

$$W_0(p) = K \exp(-p\tau) \left[\prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) \right]^{-1}, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт передачі; τ – узагальнений час запізнення елементів 1 та 5; τ_i – постійна часу ($i = 1$ – елемента 1; $i = 2$ – елемента 2; $i = 3$ – елемента 3; $i = 4$ – елемента 6); p – комплексна змінна. Параметри передаточної функції (2) є апіорі заданими.

Задача, яка вирішується, формулюється наступним чином: визначити структуру і параметри моделі МПУ, яка належить класу передаточних функцій систем із зосередженими параметра, якщо в якості обмежень виступають швидкодія та характер перехідного процесу, а також структура та параметри моделей функціональних елементів МПУ.

Якщо до елемента 2 ввести додатковий елемент - елемент корекції (ЕК) із передаточною функцією $W_K(p)$, то у відповідності із принципом динамічної компенсації [16] для цієї передаточної функції має місце

$$W_K(p) = W_{pE}(p) W_0^{-1}(p), \quad (3)$$

де W_{pE} – еталонна передаточна функція розімкнутої системи, яка описується виразом

$$W_{pE}(p) = W_E(p) [1 - W_E(p)]^{-1}. \quad (4)$$

В цьому виразі $W_E(p)$ – еталонна передаточна функція МПУ.

Мінімум часу перехідного процесу T буде мати місце, якщо передаточна функція $W_E(p)$ описується виразом [17].

$$W_E(p) = \omega_0^4 (p^2 + 1,5\omega_0 p + \omega_0^2)^{-2}, \quad (5)$$

де

$$\omega_0 = \tau_0 T^{-1}; \quad (6)$$

τ_0 – безрозмірний час.

Якщо перерегулювання σ не перевищує 5,0 %, то величина безрозмірного часу τ_0 дорівнює 5,15 [11].

Після об'єднання (4) та (5) вираз для передаточної функції $W_{pE}(p)$ приймає вигляд

$$W_{pE}(p) = \omega_0^4 \left[p(p^3 + 3\omega_0 p^2 + 4,25\omega_0^2 p + 3\omega_0^3) \right]^{-1}, \quad (7)$$

внаслідок чого вираз (3) буде трансформовано наступним чином

$$W_K(p) = \omega_0^4 \prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) \times \left[p(p^3 + 3\omega_0 p^2 + 4,25\omega_0^2 p + 3\omega_0^3) K \exp(-p\tau) \right]^{-1} \quad (8)$$

За умови, що

$$\begin{aligned} \exp(-p\tau) &= 1 - p\tau + 0,5\tau^2 p^2; \\ K_{K1} &= \omega_0^4 (b_5 K)^{-1} \end{aligned} \quad (9)$$

вираз (8) може бути переписано наступним чином

$$W_K(p) = K_{K1} \prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) \left[p \prod_{j=1}^5 (p - p_j) \right]^{-1}, \quad (10)$$

де $p_j - j$ - й корінь алгебраїчного рівняння

$$\sum_{K=0}^5 b_K p^K = 0. \quad (11)$$

Слід зазначити, що у відповідності із критерієм Гурвіца необхідно виконання умов

$$b_K > 0, \quad k = \overline{1,5}. \quad (12)$$

Коефіцієнти b_K описуються виразами

$$\begin{aligned} b_5 &= 0,5\tau^2; \quad b_4 = 1,5\omega_0\tau - 1; \\ b_3 &= 1 - 3\omega_0\tau + 2,125\omega_0^2\tau^2; \\ b_2 &= (3 - 4,25\omega_0\tau + 1,5\omega_0^2\tau^2)\omega_0; \\ b_1 &= (4,25 - 3\omega_0\tau)\omega_0^2; \quad b_0 = 3\omega_0^3. \end{aligned} \quad (13)$$

Внаслідок того, що в роботі МПУ допускається перерегулювання ($\sigma \leq 5,0\%$), то серед коренів алгебраїчного рівняння (11) будуть комплексні

корені, найбільше число яких може досягти чотирьох. Для цього випадку має місце

$$p_{1,2} = -\alpha_1 \pm i\beta_1; \quad p_{4,5} = -\alpha_2 \pm i\beta_2, \quad (14)$$

де $i = \sqrt{-1}$ - уявна одиниця.

Вираз для передаточної функції (10) в цьому випадку приймає вигляд

$$W_K(p) = K_{K1} \prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) \times \left[p(p - p_1)(p^2 + c_1 p + c_0) \times (p^2 + d_1 p + d_0) \right]^{-1}, \quad (15)$$

де $c_1 = 2\alpha_1; \quad c_0 = \alpha_1^2 + \beta_1^2;$

$$d_1 = 2\alpha_2; \quad d_0 = \alpha_2^2 + \beta_2^2. \quad (16)$$

При двох комплексних коренях

$$p_{4,5} = -\alpha_2 \pm i\beta_2$$

передаточна функція $W_K(p)$ записується наступним чином

$$W_K(p) = K_{K1} \prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) \times \left[p \prod_{j=1}^3 (p - p_j)(p^2 + d_1 p + d_0) \right]^{-1}. \quad (17)$$

Якщо всі корені алгебраїчного рівняння (11) є дійсними, то передаточна функція $W_K(p)$ має вигляд (10), де $p_j - j$ - й дійсний корінь.

Слід зазначити, що передаточні функції $W_K(p)$ можуть бути фізично реалізовані. Це обумовлено тим, що $m < n$, де m, n - порядок поліному чисельника та знаменника передаточної функції $W_K(p)$ відповідно. Така фізична реалізація ЕК може бути здійснена із використанням активних RC елементів. Функціонально цей елемент доцільно ввести до складу органів управління МПУ. Для побудови структурно-динамічної схеми ЕК перепишемо вираз для передаточної функції $W_K(p)$ наступним чином

$$W_K(p) = K_{kl} \prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) \times \left[p \prod_{j=1}^5 (p - p_j) \right]^{-1} = \dots, \quad (18)$$

$$= K_{kl} \left[A_1 p^{-1} + \sum_{j=2}^5 A_j (p - p_j)^{-1} \right]$$

де A_j – j -й коефіцієнт, який визначається у відповідності із методом невизначених коефіцієнтів [18]. Виразу (18) відповідає структурно-динамічна схема ЕК, яка наведена на рис. 2

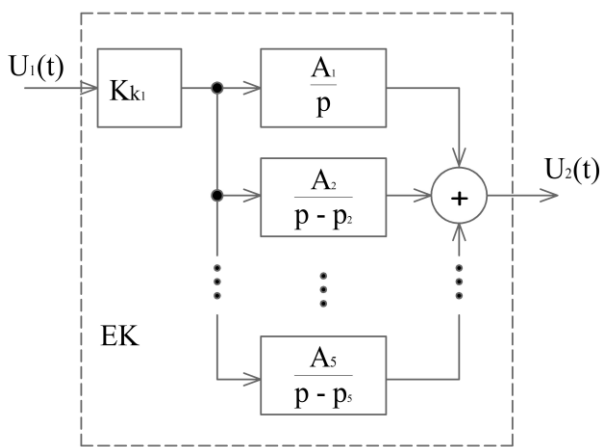


Рис. 2. Структурно-динамічна схема елемента корекції МПУ

Алгоритм вирішення поставленої задачі зводиться до наступного:

- будують функціональну схему МПУ;
- визначають передаточні функції елементів функціональної схеми МПУ та ідентифікують величину їх параметрів;
- визначають передаточну функцію з'єднання функціональних елементів МПУ;
- формують вимоги до показників якості МПУ – перерегулювання σ та швидкодії $T_{доп}$ (допустиме значення часу перехідного процесу);
- обирають еталонну передаточну функцію МПУ - $W_E(p)$ та визначають величину безрозмірного параметра τ_0 ;
- визначають передаточну функцію елемента корекції - $W_K(p)$;
- визначають корені алгебраїчного рівняння (11);
- обирають параметри передаточної функції елемента корекції;

- шляхом моделювання здійснюють порівняння характеристик перехідних процесів та показників σ і T для МПУ без елемента корекції та із елементом корекції.

Приклад. МПУ має наступні параметри: $K = 2,0$; $\tau = 0,2$ с; $\tau_1 = 0,3$ с; $\tau_2 = 0,9$ с; $\tau_3 = 3,4$ с; $\tau_4 = 10,0$ с. Бажаний перехідний процес характеризується параметрами $\sigma \leq 5,0\%$, $T_{доп} = 1,0$ с.

Для обраної передаточної функції МПУ $W_E(p)$ має місце $\tau_0 = 5,15$, внаслідок чого $\omega_0 = 5,15$ с⁻¹.

На рис. 3 наведені графіки для перехідного процесу в МПУ $\bar{\theta}_1(t)$ при передаточній функції МПУ, яка має вигляд

$$W(p) = K(1 - \tau p + 0,5\tau^2 p^2) \times \left[\prod_{i=1}^4 (\tau_i p + 1) + K(1 - \tau p + 0,5\tau^2 p^2) \right]^{-1}, \quad (19)$$

та для перехідного процесу в МПУ $\bar{\theta}_2(t)$ при передаточній функції, яка описується виразом (5).

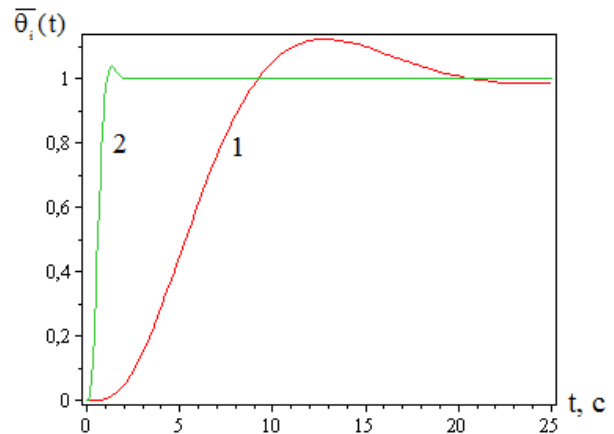


Рис. 3. Перехідні процеси в МПУ: 1 – без елемента корекції; 2 - із елементом корекції

Аналіз залежностей $\bar{\theta}_1(t)$ свідчить, що введення до органів управління МПУ елемента корекції із передаточною функцією (10) забезпечує підвищення швидкодії МПУ в 17,3 рази при величині пере регулювання, яка не перевищує 5,0 %. Внаслідок цього зменшується час гасіння пожежі на порядок.

Висновки

1. Для мобільної пожежної установки на основі сігвея, яка передбачає гасіння пожежі класу В розпиленою водою, побудована функціональна схема, особливістю якої є включення в контур управління людини-оператора. Одержано вираз для сукупності функціональних елементів мобільної пожежної установки, які представлені ланкою запізнення та аперіодичними ланками.

2. За умови апіорі заданих перерегулювання та часу перехідного процесу визначено вираз для еталонної передаточної функції мобільної пожежної установки, порядок поліному Гурвіца якої дорівнює чотирьом і особливістю якого є забезпечення мінімального часу перехідного процесу.

3. Із використанням еталонної передаточної функції мобільної пожежної установки одержано вираз для передаточної функції елемента корекції, для якої побудована його структурно-динамічна схема, що представляє паралельне з'єднання елементарних динамічних ланок.

4. У словесній формі представлено алгоритм, який забезпечує досягнення мети дослідження, та наведено приклад його реалізації. Показано, що для апіорі заданих параметрів та показників якості мобільної пожежної установки введення елемента корекції забезпечує підвищення швидкодії установки при гасінні пожежі в 17,3 рази і, як наслідок, - зменшення часу гасіння на порядок.

Література

1. Paris Firefighters Used This Remote-Controlled Robot to Extinguish the Notre Dame Blaze. Available online: <https://spectrum.ieee.org/colossus-the-firefighting-robot-that-helped-save-notre-dame>
2. Firefighter Drones – How Drones are Being Used for Helping Fire Departments. Available online: <https://dronenodes.com/firefighter-drones/>
3. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности. Киев. 2003. 270 с.
4. 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>.
5. 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>
6. 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>.
7. Liu Y.,Chen P.Fu .Z, Li J. Sun R., Zhai X. 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>.
8. Ditch B. D., de Ris J.L., Blanchat T. K., Chaos M., Bill R. G., Dorofeev S.B. Pool fires – An empirical correlation//

- Combustion and Flame*. 2013, Vol. 160 (12). P. 2964-2974 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2013.06.020>
9. 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>
 10. Ястребенецкий М.А., Васильченко В.Н.,Виноградская С.В. и др.. Безопасность атомных станций. Информационные и управляющие системы. Киев. 2004. 472с.
 11. Дорф Р., Бишон Р. Современные системы управления. М. 2002. 830 с.
 12. Kolomiets V., Abramov Y., Basmanov O., Sobyна 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
 13. Abramov Y., Basmanov O., Sobyна V., Kolomiets V., Kohanenko V. Justification of the method for determining the reliability of the operator of a mobile fire fighting installation. 2023. V. 3/3 (123) DOI: 10.15587/1729-4061.2023.281009
 14. Садковой В.П., Абрамов Ю.А. Теоретические основы автоматического тушения пожаров класса В распыленной водой. Харьков.2010. 267 с.
 15. Абрамов Ю.О., Собина В.О., Сошинский О.И. Эволюция автономных мобильных засобів пожежогасіння/. *Комунальне господарство міст. – Вип. 177. – Т.3 – 2023. – с. 147-152.*
 16. Артюшин Л.М. Дурняк Б.В., Маишков О.А., Плаценко Д.М. Теоретичні основи технічної кібернетики. Львів. 2004. 130 с
 17. Синтез регуляторов систем автоматического управления/ Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егунова. М. 2004. 614 с.
 18. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М. 1968. 720 с.

References

1. Paris Firefighters Used This Remote-Controlled Robot to Extinguish the Notre Dame Blaze. Available online: <https://spectrum.ieee.org/colossus-the-firefighting-robot-that-helped-save-notre-dame>
2. Firefighter Drones – How Drones are Being Used for Helping Fire Departments. Available online: <https://dronenodes.com/firefighter-drones/>
3. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности. Киев. 2003. 270 с.
4. 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>.
5. 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>
6. 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>.
7. Liu Y.,Chen P.Fu .Z, Li J. Sun R., Zhai X. 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>.

8. Sun X., Huang H. Zhao J., Song G. 2Experimental Study of the Effect of Slope on the Spread and Burning Characteristics of a Continuous Oil Spill Fire// Fire. 2022. Vol.5(4). P. 112. Doi: <https://doi.org/10.3390/fire5040112>
9. Ditch B. D., de Ris J.L., Blanchat T. K., Chaos M., Bill R. G., Dorofeev S.B. Pool fires – An empirical correlation// Combustion and Flame. 2013, Vol. 160 (12). P. 2964-2974 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2013.06.020>
10. 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>
11. Dorf R., Byshop R. Sovremennye systemy upravleniya. M. 2002. 830 s.
12. 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
13. Abramov Y., Basmanov O., Sobyna V., Kolomiets V., Kohanenko V. Justification of the method for determining the reliability of the operator of a mobile fire fighting installation. 2023. V. 3/3 (123) DOI: 10.15587/1729-4061.2023.281009
14. Sadkovoï V.P. Teoretycheskiye osnovy avtomaticheskoho tusheniya pozharov klassa V raspylennoi vodei. Kharkov.2010. 267 s.
15. Abramov Yu.O., Sobyna V.O., Soshynskiy O.I. Evoliutsiia avtonomykh mobilnykh zasobiv pozhezhozasimnia/. Komunalne hospodarstvo mist. – Vyyp. 177. – T.3 – 2023. – s. 147-152.
16. Artiushyn L.M. Durniak B.V., Mashkov O.A., Plashchenko D.M. Teoretychni osnovy tekhnichnoi kibernetiky. Lviv. 2004. 130 s.
17. Syntez rehulatorov system avtomaticheskoho upravleniya/ Pod red. K.A. Pupkova y N.D. Ehupova. M. 2004. 614 s.

18. Korn H., Korn T. Spravochnyk po matematyke. M. 1968. 720 s.

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

Автор: АБРАМОВ Юрій Олександрович
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
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>

STRUCTURAL SYNTHESIS OF A MOBILE FIRE EXTINGUISHER FOR CLASS B FIRE EXTINGUISHING

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

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

With regard to a mobile firefighting unit based on a sigway, which is focused on extinguishing class B fires with sprayed water, its functional diagram is constructed. A feature of such a mobile fire-fighting unit is the inclusion of a human operator in its composition. For the set of elements of the mobile fire unit, the expression of the transfer function is obtained, the peculiarity of which is the presence of a lagging link. According to the principle of dynamic compensation, this transfer function is used to form the transfer function of the correction element. The transfer function of the correction element is formed using a priori specified transient quality indicators. Under these conditions, a reference transfer function of a mobile fire unit is chosen, whose Hurwitz polynomial is of the fourth order. It is shown that the transfer function of the correction element can be represented as a fractional rational function, the numerator polynomial of which is of the fourth order and the denominator polynomial of the sixth order. The coefficients of the denominator polynomial are subject to the necessary conditions of the Hurwitz criterion. These coefficients are determined through the generalized delay time of the elements of the mobile fire unit and through the ratio of the dimensionless time of the transient process and its dimensional permissible value. It is shown that the realization of the correction element can be carried out by means of two types of elementary dynamic links - integrating and aperiodic. A verbal interpretation of the algorithm for structural synthesis of a mobile fire unit is given. An example of such a structural synthesis is given and it is shown that the introduction of a correction element into the structure of a mobile fire unit provides a reduction in the time to extinguish a class B fire using sprayed water by an order of magnitude.

Keywords: mobile fire extinguishing unit, transfer function, quality indicators, extinguishing time.