

Е.М. Гуліда, д-р техн. наук, проф., Д.П. Войтович (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ПРОЦЕСІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ У МІСТАХ

Розглянуто та проаналізовано існуючі критерії прийняття рішень в процесі організації ліквідації пожеж у містах. На підставі цього аналізу рекомендовано для виконання дій, пов'язаних з організацією ліквідації пожеж у містах, використовувати різницевий критерій.

Ключові слова: пожежа, критерій, матриця прийняття рішень, витрати від пожежі, сили і засоби ліквідації пожежі.

Сучасний стан проблеми. В процесі розроблення оперативних планів ліквідації пожеж, а також для прийняття оптимального рішення в цьому напрямку для кожного об'єкта використовують основні положення теорії прийняття рішення, тобто вибирають певний критерій для прийняття цього рішення [1]. Результатом прийнятого рішення P_{ij} є оцінка відповідного варіанту B_i за умов Y_j , яка характеризується відповідним економічним показником, наприклад, мінімізацією витрат. Відомо, що будь-яка пожежа завжди приносить певні витрати. В процесі їх визначення будемо розглядати прямі збитки від пожежі та витрати пожежно-рятувальних частин, які пов'язані з участю в ліквідації пожежі.

В роботах [2, 3] для оцінки наслідків ліквідації пожежі використовували загальні витрати у вигляді прямих збитків від пожежі та витрат пожежно-рятувальних частин, тобто

$$P_{ij} = Y_j(t) + B_{п.ч.і}(t), \quad (1)$$

де P_{ij} – оцінка, яка відповідає варіанту B_i за умов Y_j ; $Y_j(t)$ – прямі збитки від пожежі за умов Y_j та прийнятому варіанті ліквідації пожежі B_i ; $B_{п.ч.і}(t)$ – витрати пожежно-рятувальної частини на ліквідацію пожежі за i -им варіантом прийнятого рішення в j -ій ситуації розвитку пожежі.

На підставі залежності (1) запропонована матриця прийняття рішень [4], яка наведена на рис. 1. На підставі розглянутої матриці прийняття рішень (рис. 1) в роботі [5] розглянуто можливості використання різних критеріїв прийняття рішень для визначення сил і засобів, які необхідні пожежно-рятувальній частині для виїзду на пожежу. Автор розглядає такі основні критерії: 1) мінімаксий критерій (ММ) на основі песиместичної позиції; 2) критерій Байеса-Лапласа; 3) критерій Севіджа; 4) критерій Гурвіца; 5) критерій Ходжа-Лемана; 6) критерій Гермейера; 7) критерій добутку; 8) критерій Нейтралітету; 9) оптимістичний критерій.

$B \backslash Y$	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_j
B_1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	...	P_{1j}
B_2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	...	P_{2j}
B_3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	...	P_{3j}
...
B_i	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	...	P_{ij}

Примітка. $B_1, B_2, B_3, \dots, B_i$ – прийняття рішення за відповідною кількістю сил і засобів для ліквідації пожежі та ситуаціями розвитку пожежі $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_j$.

Рис. 1. Матриця прийняття рішень

Для прийняття рішення згідно кожним з наведених критеріїв необхідно в матрицю прийняття рішень (рис. 1) додати два стовбці. В одному з них вибрати відповідні значення P_{ij} за певною методикою, а в другому – одне з найменших наведених значень, що відповідає B_i варіанту ліквідації пожежі з найменшим ризиком.

Результати досліджень [5] показали, що у зв'язку з відсутністю статистичних даних для більш точного розрахунку значення P_{ij} доцільно використовувати критерій Севіджа або мінімаксний критерій (ММ) на основі песимистичної позиції. Необхідно також додати, що використання цих критеріїв для прийняття рішень не завжди дає оптимальні результати, але на їх підставі можна отримати «достатньо» раціональні рішення. Так, наприклад, дослідник операцій Т. Сааті висловився про можливість прийняття рішень так: «...мистецтво давати погані відповіді на ті практичні питання, на які даються ще гірші відповіді іншими методами.» [6].

В роботі [7] для оцінки наслідків ліквідації пожежі використовували різницевої критерій, який складається з двох часткових критеріїв, тобто це різниця між прямими збитками від пожежі B_o (перший частковий критерій) та витратами пожежно-рятувальних частин B_n , які брали участь в її ліквідації (другий частковий критерій). Ця різниця за модулем повинна наближатися до мінімального значення і як виняток може дорівнювати нулю, тобто можна записати

$$|B_n - B_o| \Rightarrow \min, \quad (2)$$

Згідно із загальною класифікацією, критеріальні задачі поділяють на класи [8]. Задачі, які пов'язані з ліквідацією пожеж на різних об'єктах належать до третього класу. Технічна система повинна функціонувати в різних умовах, для кожної з яких якість функціонування характеризується деяким частковим критерієм. Часткові критерії мають у задачах цього класу однакову природу й однакову розмірність. Значення цих часткових критеріїв можна визначити за залежностями [7], наприклад, для пожеж класу А

$$B_n = C_B \tau^{-0,8725}, \text{ грн}; \quad (3)$$

$$B_o = C_o \pi [5V_n + V_n(\tau_{в.г} - 10)]^2 \cdot K_{ф.н}, \text{ грн}. \quad (4)$$

де C_B – коефіцієнт пропорційності для пожеж класу А $C_B = 1,68 \cdot 10^5$; τ – тривалість ліквідації пожежі, хв; C_o – середня вартість у гривнях 1м^2 площі об'єкта, на якому виникла пожежа; за результатами середньостатистичної оцінки $C_o = 394 \text{ грн/м}^2$ (для промислових підприємств); $[5V_n + V_n(\tau_{в.г} - 10)]$ – радіус розповсюдження пожежі, в тому числі за перші 10 хв, м; V_n – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв.; $\tau_{в.г}$ – тривалість вільного розповсюдження пожежі, хв; $K_{ф.н}$ – коефіцієнт, який враховує форму розповсюдження пожежі; $K_{ф.н} = 1$ – кругова та прямокутна; $K_{ф.н} = 0,5$ – кутова (180°); $K_{ф.н} = 0,25$ – кутова (90°).

Вибір та обґрунтування критеріїв прийняття рішень. Обґрунтування вибору критерію прийняття рішень з найбільш суттєвих, а саме мінімаксного критерію (ММ) на основі песимистичної позиції, або критерію Севіджа, або різницевого, виконаємо на підставі аналізу результатів ліквідованих пожеж, які описані в журналі опису пожеж [9]. Для прикладу розглянемо пожежу на ВАТ «Львівський меблевий комбінат» (м. Львів, вул. Зелена, 204), яка відбулася 16 квітня 2008 року.

Дані про пожежу для проведення аналізу, який би дозволив обґрунтувати вибір критерію прийняття рішення, такі: час отримання повідомлення – 12 год 32 хв; відстань від пожежно-рятувальної частини до місця виклику – 2,76 км; розміри приміщення – 18х60 м, будівля двоповерхова; пожежа виникла на другому поверсі; форма пожежі – кутова 180° ; площа пожежі $S_{п} = 80 \text{ м}^2$; за викликом прибуло: 5 автоцистерн АЦ-40(130)63Б та спеціальний пожежний автомобіль АПД; час ліквідації пожежі 26 хв; час вільного горіння 12 хв; лінійна швидкість розповсюдження пожежі $V_n = 1,05 \text{ м/хв}$; для гасіння використовували 2 відділення та 8 стволів Б.

Аналіз надійності кожного критерію прийняття рішення виконуємо з використанням розроблених методик їх формування, які наведені в роботах [5, 7]. Для аналізу будемо використовувати залежності (1) – (4) та залежність для визначення часу гасіння пожежі [10]

$$\tau_{\Gamma} = \frac{6,39 S_{\Gamma}^{0,893}}{2N_A + N_B} K_{\Pi} K_I K_d, \text{ хв.} \quad (5)$$

S_{Γ} – площа гасіння; N_A, N_B – кількість пожежних стволів А і В відповідно; $K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_{\Gamma}$ – коефіцієнт, який враховує ліквідацію всієї площі пожежі; K_I – коефіцієнт, який враховує інтенсивність подачі вогнегасної речовини; K_d – коефіцієнт, який враховує використання відповідного діаметра насадки.

Аналіз виконуємо в такій послідовності:

1) приймаємо три ситуації (умови) розвитку пожежі: Y_1 – пожежа виникла на першому поверсі в заготівельному відділенні; Y_2 – пожежа виникла в деревообробному цеху другого поверху; Y_3 – пожежа виникла на складі готової продукції;

2) приймаємо три варіанти рішення для використання сил і засобів для ліквідації пожежі: B_1 – два відділення з використанням двох стволів А та чотирьох стволів В; B_2 – чотири відділення з використанням чотирьох стволів А та восьми стволів В; B_3 – шість відділень з використанням шести стволів А та дванадцяти стволів В;

3) визначаємо прямі збитки об'єкта від пожежі за рекомендаціями [7]

$$B_{oi} = C_{oi} S_{\Pi},$$

де C_{oi} – вартість одного метра квадратного площі об'єкта в залежності від місця виникнення пожежі, тобто від умов (ситуації) Y_j ; $C_{o1} = 280$ грн/м²; $C_{o2} = 315$ грн/м²; $C_{o3} = 400$ грн/м²; $S_{\Pi} = 80$ м².

Тоді збитки об'єкта від пожежі будуть:

$$B_{o1} = 280 \cdot 80 = 22400 \text{ грн}; B_{o2} = 315 \cdot 80 = 25200 \text{ грн}; B_{o3} = 400 \cdot 80 = 32000 \text{ грн};$$

4) визначаємо залежність часу ліквідації пожежі від кількості відділень, яка бере участь в процесі гасіння з використанням залежності (5). Для цього визначаємо радіус пожежі R , площу гасіння S_{Γ} та коефіцієнти $K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_{\Gamma}$, $K_I = 1$ і $K_d = 0,75$ [10]

$$R = \sqrt{\frac{2S_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{3,14}} = 7,1 \text{ м};$$

$$S_{\Gamma} = 0,5\pi[R^2 - (R - h)^2] = 0,5 \cdot 3,14[7,1^2 - (7,1 - 5)^2] = 72,2 \text{ м}^2;$$

$$K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_{\Gamma} = 80/72,2 = 1,11.$$

Визначаємо час τ_{Γ} ліквідації пожежі класу А при участі одного, двох, чотирьох та шести відділень за залежністю (5) і на підставі результатів розрахунків будемо графічну залежність (рис. 2).

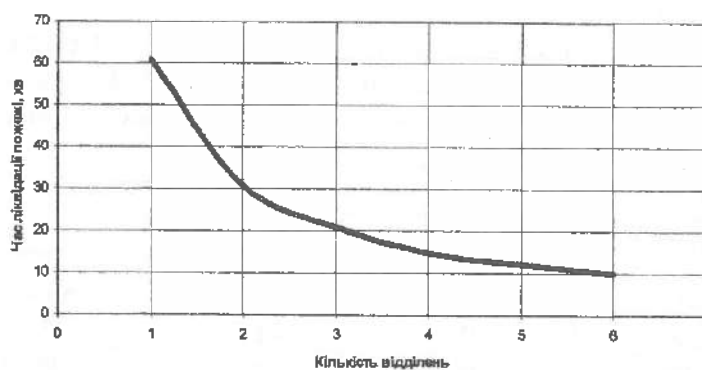


Рис. 2. Залежність часу ліквідації пожежі від кількості участі відділень

5) визначаємо витрати пожежно-рятувальних підрозділів на ліквідацію пожежі за залежністю (3). Для варіанта використання сил і засобів B_1 значення $\tau_T = 31$ хв; $B_2 - \tau_T = 16$ хв; $B_3 - \tau_T = 10$ хв. Тоді $B_{n1} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot 31^{-0,8725} = 8400$ грн; $B_{n2} = 14947$ грн; $B_{n3} = 22520$ грн.

6) **Вибір сил і засобів ліквідації пожежі за ММ критерієм.** Для цього визначаємо витрати P_{ij} за залежністю (1), які розміщуємо по діагоналі матриці, тобто $P_{11} = B_{o1} + B_{n1} = 22400 + 8400 = 30800$ грн; $P_{22} = 40147$ грн; $P_{33} = 54520$ грн. Аналогічно визначаємо значення P_{ij} для заповнення всієї матриці, яка представлена на рис. 3.

	Y_1	Y_2	Y_3	P_{ijmax}	Критерій P_{ijmin}
B_1	30800	61210	118340	118340	
B_2	38360	40147	58670	58670	
B_3	42780	48230	54520	54520	54520

Рис. 3. Формування рішень у відповідності за ММ критерієм

Правило вибору рішення у відповідності з ММ критерієм інтерпретується так:

- матриця рішень доповнюється двома стовпцями, в першому з яких заносяться максимальні збитки, а потім з цього стовпця вибирають найменше значення, яке вказує на прийняття рішення за відповідним значенням P_{ij} матриці;
- для нашого прикладу, згідно із ММ критерієм, на пожежу необхідно відправити 6 відділень на шести пожежних машинах АЦ-40(130)63Б, що відповідає значенню матриці P_{33} . В цьому випадку загальні збитки від пожежі будуть становити 54520 грн, а прогнозований час ліквідації пожежі 10 хв.

Вибраний варіант P_{33} повністю ліквідує ризик в застосуванні сил і засобів пожежогасіння. Це означає, що прийняте рішення не може зустрітися з гіршим результатом ніж той, на який він орієнтується.

7) **Вибір сил і засобів ліквідації пожежі за критерієм Севіджа.** Критерій Севіджа характеризується співвідношенням, яке трактується як додатковий вииграш, що досягається вибором замість значення P_{ij} матриці для ММ критерію іншого значення a_{ij} , тобто розробляємо новий найбільш раціональний для цього зовнішнього стану варіант. В цьому випадку новий елемент матриці a_{ij} визначають по кожному стовпцю матриці так

$$a_{ij} = P_{ij} - P_{ijmin} .$$

Після цього в першому додатковому стовпцю матриці по кожному рядку записують найбільші значення a_{ijmax} , з яких в другому додатковому стовпчику матриці записують найменше з першого додаткового стовпця значення, яке вказує на прийняття рішення за відповідним значенням a_{ij} матриці. Для нашого прикладу матриця рішення за критерієм Севіджа зображена на рис. 4.

На підставі результатів аналізу матриці рішень за критерієм Севіджа (рис. 5) приймаємо варіант a_{21} , за яким необхідно відправити на пожежу 3 відділення на трьох пожежних машинах АЦ-40(130)63Б. При цьому загальні збитки від пожежі будуть становити 38360 грн, а прогнозований час ліквідації пожежі 20 хв.-

	Y_1	Y_2	Y_3	a_{ijmax}	Критерій a_{ijmin}
B_1	0	21063	63820	63820	
B_2	7560	0	4150	7560	7560
B_3	11980	8083	0	11980	

Рис. 4. Формування рішень у відповідності за критерієм Севіджа

8) **Вибір сил і засобів ліквідації пожежі за різницевим критерієм.** Для вибору сил і засобів ліквідації пожежі за різницевим критерієм використовуємо залежності (3) і (4), за допомогою яких визначаємо витрати пожежно-рятувальних частин на ліквідацію пожежі та об'єкта, на якому виникла пожежа. Розрахунки виконуємо для розглядаємого прикладу при значенні $\tau_T = 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100$ хв, а $\tau_{a,2}$ від 10 хв до 40 хв з кроком 10 хв. За результатами розрахунків будемо графічні залежності (рис. 5).

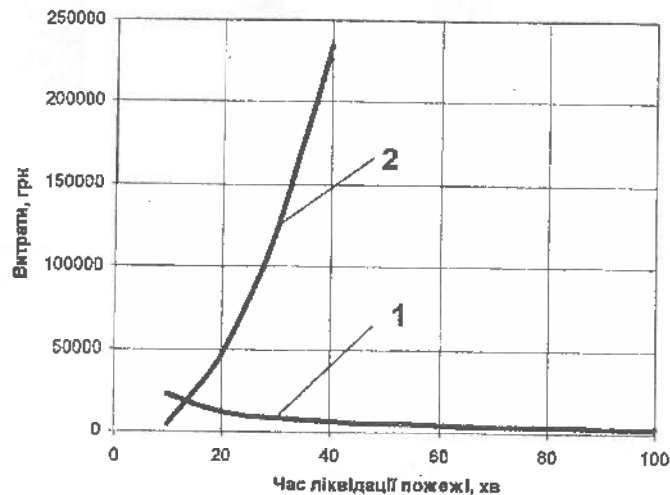


Рис. 5. Залежність витрат від часу ліквідації пожежі:
1 – пожежно-рятувальних підрозділів; 2 – об'єкта, на якому виникла пожежа

Результати аналізу графічних залежностей (рис. 5) показують, що криві 1 і 2 перетинаються в точці $\tau = 14$ хв, тобто в цій точці $|B_n - B_o| = 0$. Для забезпечення цього часу ліквідації пожежі (рис. 3) згідно з різницевим критерієм необхідно скерувати 4 відділення на чотирьох пожежних машинах АЦ-40(130)63Б. В цьому випадку загальні збитки від пожежі будуть становити 33600 грн, а прогнозований час ліквідації пожежі – 14 хв.

На підставі результатів аналізу критеріїв прийняття рішень було встановлено, що для прийняття рішення стосовно сил і засобів пожежогасіння доцільно використовувати три: 1) мінімаксний критерій на основі песимістичної позиції; 2) критерій Севіджа; 3) різницевий критерій. Розглянемо ці критерії та за результатами їх аналізу розробимо рекомендації для їх використання.

Мінімаксний критерій (ММ) дозволяє приймати рішення стосовно сил і засобів пожежогасіння з певним запасом, що виключає ризик у процесі ліквідації пожежі. Використання цього критерію доцільне лише у випадках, коли об'єкт стабільний та існують варіанти виникнення пожежі, а також будуть відомі збитки в залежності від площі пожежі. Тому його можна використовувати при розробленні оперативних планів пожежогасіння для окремих об'єктів.

Критерій Севіджа має такі ж недоліки, як і мінімаксний критерій, але він ще може привести до певного ризику через зменшення сил і засобів пожежогасіння та збільшення часу ліквідації пожежі, що призводить до зростання збитків від пожежі на об'єкті. Тому його можна використовувати при розробленні оперативних планів пожежогасіння лише невідповідальних об'єктів, які обладнані устаткуванням низької вартості.

Різницевий критерій за методологією визначення відрізняється від ММ критерію та критерію Севіджа. Для визначення сил і засобів пожежогасіння не потрібно розробляти матриць формування рішень, а на підставі тільки двох рівнянь в залежності від класу та прогнозованої площі пожежі визначити оптимальне значення кількості сил і засобів пожежогасіння.

Результати аналізу розглянутих трьох критеріїв прийняття рішення показують, що найменші збитки від пожежі мають місце при використанні різницевого критерію прийняття рішення стасовно сил і засобів пожежегасіння (рис. 6) з нульовим ризиком.

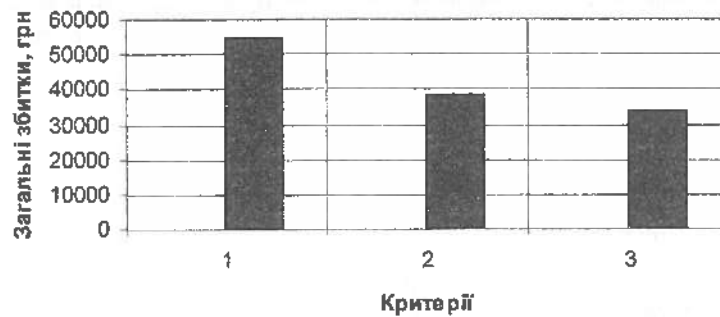


Рис. 6. Збитки від пожежі на ВАТ «Львівський меблевий комбінат»: 1 – за мінімакним критерієм; 2 – за критерієм Севіджа; 3 – за різницевим критерієм

Висновки

1. На підставі аналізу існуючих критеріїв прийняття рішень стосовно сил і засобів пожежегасіння встановлено, що найбільш раціональними критеріями є: мінімакний критерій (ММ), критерій Севіджа та різницевий.
2. Для розроблення планів пожежегасіння можна використовувати мінімакний критерій та критерій Севіджа, при цьому критерій Севіджа доцільно використовувати для оперативних планів пожежегасіння лише невідповідальних об'єктів, які споряджені устаткуванням низької вартості.
3. При розробленні оперативного плану ліквідації пожежі для будь-якого об'єкта найбільш доцільно використовувати різницевий критерій прийняття рішень стосовно сил і засобів пожежегасіння. Об'єктові збитки від пожежі, наприклад, в розглянутому прикладі за різницевим критерієм прийняття рішень на 62% менші у порівнянні з ММ критерієм і на 14% – з критерієм Севіджа.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений // Перевод с нем.. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
2. Кудин А.И., Пермяков В.И. Обзор критериев принятия решения для целей создания оперативного плана тушения пожаров в резервуарных парках // Тез. докл. 51-й НТК. – Харьков: ХГТУСА, 1996. – с. 73.
3. Кудин А.И., Пермяков В.И. Организация базы знаний для экспертной системы принятия решения при тушении пожаров с нефтепродуктами // Проблемы пожарной безопасности. – К.: МВС України, 1995. – С. 244-245.
4. Пермяков В.И., Кудин А.И. Перспективы разработки и применения экспертных систем при тушении пожаров // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: МВД Украины, 1993. – С. 293-296.
5. Кудин А.И. Розроблення експертної системи прийняття рішень при організації гасіння пожеж // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків: ХПБ, 1997. – 18 с.
6. Зайченко Ю.П. Исследование операций. – К.: Вища школа, 1979. – 392 с.
7. Мовчан І.О. Забезпечення ліквідації пожежі на промислових підприємствах з урахуванням надійності пожежної техніки та устаткування // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків: УЦЗУ, 2007. – 18 с.
8. Кіндрацький Б.І., Сулим Г.Т. Раціональне проектування машинобудівних конструкцій. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. – 279 с.

9. Журнал опису пожеж Залізничного районного відділу м. Львова ГУ МНС України у Львівській області // Журнал заведений 20.02 2008 р.
10. Мовчан І.О., Гуліда Е.М., Войтович Д.П. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах // Проблеми пожежної безпеки, Вип. 21 – Харків: УЦЗУ, 2008. – С. 241-247.

Э.М. Гулида, д-р техн. наук, проф., Д.П. Войтович

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ В ГОРОДАХ

Рассмотрено и проанализировано существующие критерии принятия решений в процессе организации ликвидации пожаров в городах. На основании этого анализа рекомендовано для выполнения действий, связанных с организацией ликвидации пожаров в городах, использовать разностный критерий

Ключевые слова: пожар, критерий, матрица принятия решений, затраты от пожаров, силы и средства ликвидации пожара

E.M. Hulida, Doctor of Science (Engineering), Professor, D.P. Voitovych

A CHOICE AND BASING OF SOLUTIONS ACCEPTANCE DURING THE PROCESS OF FIRE SUPPRESSION ORGANIZATION IN CITIES

The article deals with the solutions acceptance during the process of fire suppression organization in cities. It is recommended to use a residual criterion considering such an analysis.

Key words: fire, criterion, "decision matrix" system, fire consumption, force and means of fire suppression

УДК 614.842.616

Д.В. Руденко, О.Е. Васильєва, к.т.н., доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОНОМНОЇ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНОЇ УСТАНОВКИ (РОБОТИЗОВАНОЇ УСТАНОВКИ)

Визначено похибки відхилень відносно осі під час зміни руху шасі та керуванні поворотною баштою автономної дистанційно керованої установки

Ключові слова: роботизовані установки, похибки позиціонування, покращення гасіння

Постановка проблеми. Одним з найважливіших показників якості роботи дистанційно керованого ствола є величина і характер похибок, які виникають при русі автономної дистанційно керованої установки по заданій траєкторії і особливо при підході її до цільової точки робочої зони. Такі похибки з'являються внаслідок різних причин і в кінцевому результаті зводяться до похибок кінематичних пар. Ці первинні похибки обумовлюють, в свою чергу, похибки в координатах полюса дистанційно керованого ствола і в його позиціонуванні.