

*І.О. Мовчан, к.т.н., нач. інституту, ЛДУБЖД,
Е.М. Гуліда, д.т.н., професор, ЛДУБЖД*

ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНИМ РИЗИКОМ ОБ'ЄКТІВ МІСТА

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

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 оптимізацією та управлінням пожежним ризиком міста, використовувати критерій, який враховує прямі збитки від пожеж та витрати на спорядження протипожежного захисту об'єктів.

Ключові слова: пожежа, пожежний ризик, критерій, матриця прийняття рішень, збитки від пожежі, витрати на протипожежний захист.

Постановка проблеми. У сфері пожежної безпеки користуються терміном «пожежний ризик», тобто це є міра можливості реалізації пожежної небезпеки об'єкту захисту та її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Гарантування пожежної безпеки об'єктів захисту складається з визначення, аналізу та оцінювання ризику, що дозволяє розробляти і впроваджувати відповідні заходи для зменшення їх значень до прийняттого значення. В свою чергу пожежний ризик вказує на відповідну імовірність виникнення пожежі на об'єкті. Тому, знаючи імовірність виникнення пожежі, очікувану величину втрат та здійснюючи управлінські заходи, можна уникнути пожежі або у випадку її виникнення мінімізувати наслідки від неї та передбачити ефективні компенсаційні заходи. Проблемою аналізу та управління пожежними ризиками останнім часом займаються в багатьох країнах світу. Значний вклад в розвиток цього напряму науки внесло багато вчених, у числі яких М.М. Брушлінський, В.В. Холщевніков, Д.О. Самошин, В.В. Бегун та інші.

В більшості випадків визначення значення пожежного ризику базується на статистичних даних [7]. При цьому неможливо розрахувати його значення для об'єктів, на яких не відбувалися пожежі, і відповідно неможливо виконати прогноз їх пожежної безпеки. Тому розв'язування проблеми визначення пожежного ризику, а також критерія для його оптимізації і управління з використанням основних положень теорії надійності та теорій імовірностей і математичної статистики є важливою і актуальною задачею сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною задачею в процесі використання теорії прийняття рішення є вибір оцінки для прийняття відповідного рішення, тобто вибір певного критерія для

прийняття цього рішення [1]. Наприклад, для прийняття рішення P_{ij} його необхідно оцінити за відповідним варіантом B_i та умовами Y_j , які можуть характеризуватися відповідними економічними показниками. Такими показниками можуть бути, наприклад, витрати у вигляді прямих збитків від пожежі та витрати пожежно-рятувальних частин. При цьому використовували залежність [2]

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

де P_{ij} – оцінка, яка відповідає варіанту B_i за умов Y_j ; $Y_j(\tau)$ – прями збитки від пожежі за умов Y_j та прийнятому варіанті ліквідації пожежі B_i ; $B_{п.ч.і}(\tau)$ – 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 [2], яка наведена на рис. 1.

$B_i \backslash Y_j$	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. $B_1, B_2, B_3, \dots, B_i$ – відповідна кількість сил і засобів для ліквідації пожежі; $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_j$ – ситуації розвитку пожежі

Рис. 1 – Матриця прийняття рішень

Наведена матриця прийняття рішень (рис. 1) дозволила розглянути такі основні критерії: 1) мінімаксий критерій (ММ) на основі пессиместичної 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 [3]. Стосовно пожежного ризику наведені критерії також можна використовувати, але при цьому необхідно орієнтовно прогнозувати у випадку виникнення пожежі на певному об'єкті відповідну кількість сил і засобів для ліквідації пожежі та різні ситуації розвитку пожежі. Для оптимізації пожежного ризику такий підхід є дуже складним і не обґрунтованим. Тому ставиться задача отримати для оптимізації пожежного ризику простий та універсальний критерій, який би забезпечував всі основні вимоги пожежної безпеки.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є визначення критерія оптимізації та управління пожежним ризиком для об'єктів міста. Згідно із загальною класифікацією, критеріальні задачі поділяють на класи [4]. Задачі, які пов'язані з визначенням пожежних ризиків на різних об'єктах можуть бути віднесені до третього класу. В цьому випадку технічна система повинна функціонувати в різних

умовах, з яких для кожної якості функціонування характеризується деякими частковими критеріями. Часткові критерії мають у задачах цього класу однакову природу й однакову розмірність.

Для визначення часткових критеріїв, які можливо використовувати в процесі оптимізації пожежного ризику об'єктів міста, скористуємося статистичними даними, наприклад, для міста Львова [5]. Дані, які наведені в [5], розглядалися для останніх п'яти років, на підставі яких було визначено, що в місті Львові в середньому за один рік виникає приблизно 501 пожежа з прямими збитками 26920 тис. грн. Наведене значення кількості пожеж і прямих збитків виникли при середньому значенні пожежного ризику $\varepsilon = 5,49 \cdot 10^{-4}$. Значення цього ризику визначали за залежністю

$$\varepsilon = \frac{N_n}{N_o} = \frac{501}{85600} = 5,85 \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

де $N_n = 501$ – середня кількість пожеж у місті Львові за рік; $N_o = 85600$ – загальна кількість споруд житлового сектору, а також споруд виробничого призначення, торговельно-складського, соціально-культурного та адміністративного призначення міста Львова за ЄДРПОУ.

Згідно із рекомендаціями [6] пожежні ризики класифікують так: 1) незначний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$; 2) прийнятний ризик $\varepsilon = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-5}$; 3) високий (терпимий) ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$; 4) неприйнятний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

На підставі наведених рекомендацій [6] можна стверджувати, що місто Львів за пожежним ризиком відноситься до неприйнятного ризику, тобто існує значна імовірність виникнення пожеж в місті. Цей висновок повністю узгоджується з даними по Україні, які наведені в роботі [7].

Використовуючи отримані дані та дані статистики про прямі збитки від пожеж та витрати на спорядження протипожежного захисту об'єктів міста Львова (рис. 2), були отримані емпіричні залежності для визначення прогнозованих прямих збитків від пожеж та витрат на протипожежний захист в залежності від пожежного ризику ε :

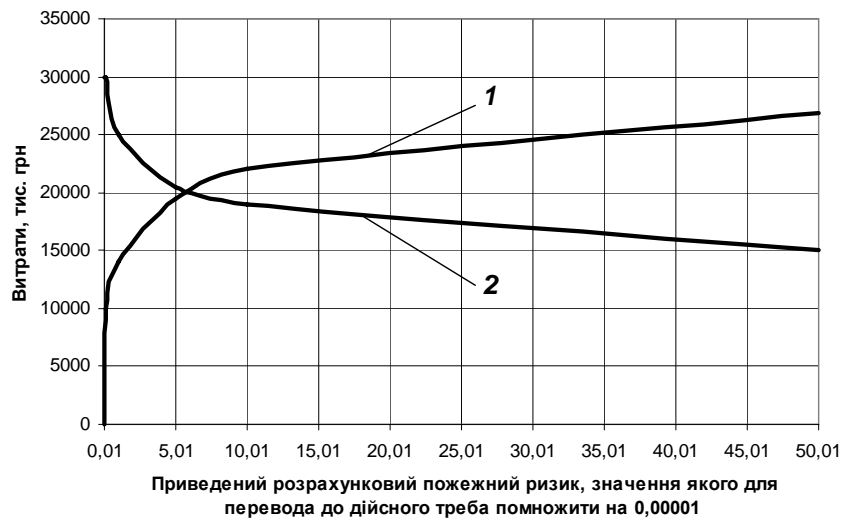


Рис. 2 – Залежність витрат від пожежного ризику: 1 – прогнозовані прямі збитки від пожеж; 2 – прогнозовані витрати на протипожежний захист

прямі збитки Z від пожеж

$$C = 3023,3 \ln(\varepsilon k) + 14948, \text{ тис. грн.}; \quad (3)$$

витрати на протипожежний захист

$$B = 22837(\varepsilon k)^{-0,083}, \text{ тис. грн.}, \quad (4)$$

де $k = 100000$ – перевідний коефіцієнт, який переводить дійсні значення пожежного ризику до розрахункових.

Для визначення мінімально можливого значення пожежного ризику, наприклад, для умов (3) і (4), необхідно отримати нове рівняння у вигляді функції y , яка буде формуватися як сума залежностей (3) і (4). Після цього необхідно від цієї функції взяти похідну та прирівняти її до нуля. Перевірку мінімуму пожежного ризику виконується за рахунок визначення знака похідної зліва і справа від мінімального значення. Якщо знак міняється з мінуса на плюс, то значення пожежного ризику буде мінімальним. Тепер перейдемо до визначення мінімального значення пожежного ризику для міста Львова. Для цього записуємо значення функції y

$$y = 3023,3 \ln(\varepsilon k) + 14948 + 22837(\varepsilon k)^{-0,083}. \quad (5)$$

Після цього визначаємо похідну від функції (5) та прирівнюємо її значення до нуля

$$\frac{dy}{d\varepsilon} = \frac{3023,3}{\varepsilon k} - 1895,5(\varepsilon k)^{-1,083} = 0. \quad (6)$$

Результати розрахунку для міста Львова дозволили встановити, що оптимальне значення пожежного ризику дорівнює $\varepsilon = 6,87 \cdot 10^{-6}$ при додаткових витратах на протипожежний захист у сумі 27855 тис. грн. Але такі витрати для місцевого бюджету не під силу. При цьому умова мінімуму перевірялася за залежністю (6) зі значеннями $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-6}$ та $\varepsilon = 9 \cdot 10^{-6}$. Було встановлено, що знак похідної змінюється з «-» на «+», тобто умова мінімуму підтверджена.

Для переходу міста Львова від неприйняттого пожежного ризику хоча б до високого (терпимого) ризику, тобто для зменшення імовірності виникнення пожеж та запобігання їх розповсюдження, необхідно виконати певні заходи. До таких заходів в першу чергу можна віднести: 1) *встановлення* в житловому секторі, де найбільший відсоток виникнення пожеж, пристроїв автоматичної пожежної сигналізації; 2) *влаштування* на об'єктах виробничого призначення, торговельно-складського, соціально-культурного та адміністративного призначення, на яких знаходиться значна кількість людей, системи сповіщення та управління евакуацією людей III типу; 3) *не перевищувати* в

приміщеннях встановленої норми пожежного навантаження тощо.

Реалізація наведених заходів вимагає вкладання значних коштів. Найбільш доцільно впроваджувати такі заходи з використанням оптимізаційних імітаційних моделей. В цьому випадку найбільш обґрунтованим критерієм оптимізації може бути *різницевий критерій* [8], за яким

$$|Z - B| \Rightarrow \min, \quad (7)$$

тобто різниця за модулем між прогнозованими збитками від пожежі і витратами на протипожежний захист будуть мінімальними. Найкращий випадок, коли ця різниця дорівнює нулю (на рис. 1 це відповідає витратам 20000 тис. грн. і відповідно пожежному ризику $\varepsilon = 6 \cdot 10^{-5}$).

Після прийняття критерія оптимізації переходимо до розроблення оптимізаційної імітаційної моделі для визначення доцільності впровадження відповідних заходів протипожежного захисту і управління значенням пожежного ризику.

Модель формулюється так:

Функція мети

$$\varepsilon \Rightarrow \min; \quad (8)$$

за критерієм

$$|Z - B| \Rightarrow \min; \quad (9)$$

за обмеженнями

$$a_1 \leq \varepsilon \leq b_1; \quad (10)$$

$$Z \leq b_2; \quad (11)$$

$$B \leq b_3; \quad (12)$$

$$p \geq [p]. \quad (13)$$

де a_1 – мінімально можливе для заданих умов значення пожежного ризику; b_1 – максимально можливе для заданих умов значення пожежного ризику; b_2 – максимально допустиме значення прямих збитків від можливої пожежі, тис. грн; b_3 – максимально можливі витрати на протипожежний захист, тис. грн; $p = k/N$ – імовірність попадання досліджуваної точки в область допустимих розв'язків; $[p]$ – допустиме значення імовірності, від якого залежить кількість досліджень для прийняття оптимального значення; k – загальна кількість досліджуваних точок, яка попала в область допустимих розв'язків; N – загальна кількість досліджуваних точок.

Для розв'язування оптимізаційної імітаційної моделі для визначення доцільності впровадження відповідних заходів протипожежного захисту і управління значенням пожежного ризику скористуємося методом Монте-Карло [9]. Область допустимих розв'язків, яка визначається обмеженнями (10)...(12), оточують n -мірним паралелепіпедом. Поставлену задачу краще всього розв'язувати з використанням ПЕОМ. За допомогою давача комп'ютера утворюють послідовність псевдови-

падкових чисел в інтервалі $0 \dots 1$. Для перетворення псевдовипадкових чисел μ_i , які рівномірно розподілені в інтервалі $0 \dots 1$ до значень ε_i використовуємо залежність

$$\varepsilon_i = a_1 + \mu_i(b_1 - a_1). \quad (14)$$

Після цього визначаємо прямі збитки Z_i від пожеж за залежністю (3) та витрати на протипожежний захист B_i за залежністю (4). Отримані значення порівнюємо з допустимими відповідно за залежностями (11) і (12). У випадку, коли умови (11) і (12) забезпечуються, визначаємо критерій $A_i = |Z_i - B_i|$ і порівнюємо його значення з попереднім. Якщо $A_i < A_{i-1}$ процес розв'язку повторюється стільки разів, щоб забезпечити $p \geq [p]$.

Блок-схема алгоритму оптимізаційної імітаційної моделі для визначення доцільності впровадження відповідних заходів протипожежного захисту і управління значенням пожежного ризику зображена на рис. 3.

При розв'язку оптимізаційної задачі необхідно визначити деякі складові обмежень (11) і (12), а саме значення b_2 і b_3 .

Для визначення чинника b_2 скористуємося середньостатистичними даними про пожежі в місті. Наприклад, у місті Львові за один рік виникає за середньостатистичними даними $N_n = 501$ пожежа з прямими збитками 26921 тис. грн. При відповідних витратах на протипожежний захист загальна прогнозована кількість пожеж за рік повинна зменшуватися на відповідний відсоток, що призведе відповідно до зменшення прямих збитків на Δz відсотків. Тоді значення максимально допустимих прямих збитків b_2 можна визначити за залежністю

$$b_2 = \zeta \left(1 - \frac{\Delta z}{100}\right), \text{ тис. грн.} \quad (15)$$

Максимально можливі витрати на протипожежний захист можна визначити за залежністю

$$b_3 = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{1000} N_i k_N + B_\varepsilon, \text{ тис. грн.} \quad (16)$$

де C_i – ціна одного i -го елемента протипожежного захисту, грн; N_i – загальна необхідна кількість i -го елемента протипожежного захисту (кількість N_i залежить від кількості споруд, для яких влаштовується протипожежний захист), шт.; k_N – коефіцієнт, який враховує витрати на влаштування та запуск в експлуатацію i -го елемента протипожежного захисту; n – загальна кількість елементів протипожежного захисту, яка на певному етапі впроваджується в місті; B_ε – існуючі витрати на протипожежний захист при встановленому значенні пожежного ризику перед впровадженням додаткових витрат на зменшення пожеж-

ного ризику (ці втрати визначають за залежністю (4) з урахуванням існуючого пожежного ризику).

Для визначення відсотків зменшення пожеж Δz в місті необхідно визначити значення прогнозованого пожежного ризику того чи іншого i -го протипожежного захисту до впровадження ε_{ido} і після його впровадження ε_{in} .

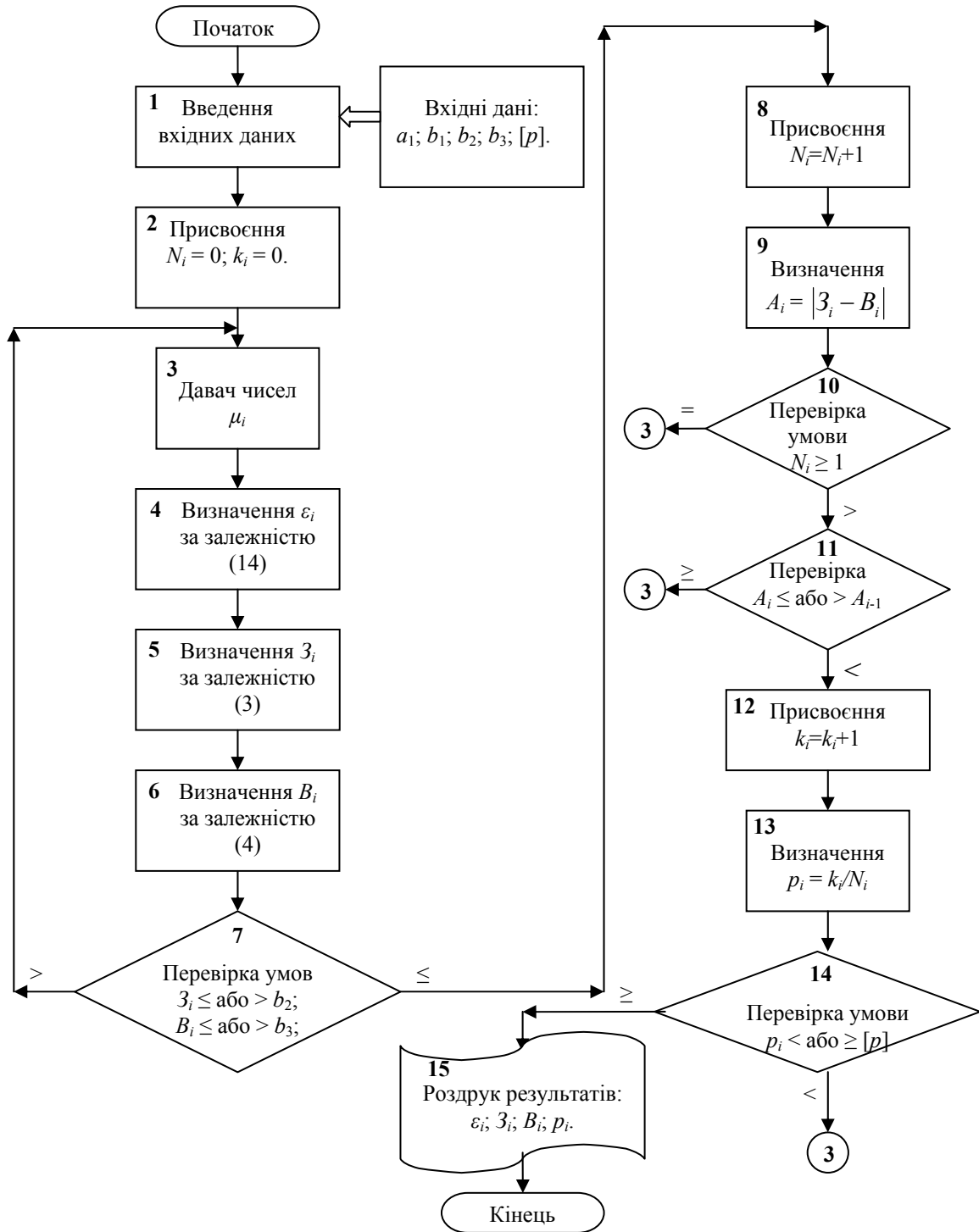


Рис. 3 – Блок-схема алгоритму оптимізації пожежного ризику для міста

Прогнозований пожежний ризик до і після впровадження n елементів протипожежного захисту можна визначити за залежністю

$$\varepsilon = \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t_i)) = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (17)$$

де $R_i(t_i)$ – імовірність безвідмовної роботи або експлуатації відповідного окремого i -го елемента протипожежного захисту або без нього.

Тоді

$$\Delta\zeta = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{\text{дв}}} 100, \%, \quad (18)$$

Для реалізації розробленої імітаційної оптимізаційної моделі був розроблений для ПЕОМ пакет прикладних програм на мові Borland Delphi ver. 6. для роботи в середовищі Windows XP. Оптимізація визначення пожежного ризику в місті виконується згідно з послідовністю, яка зображена на блок-схемі алгоритму (рис. 2) на ПЕОМ.

Розглянемо на прикладі з використанням тільки двох циклів роботи ПЕОМ наведений метод прогнозування пожежного ризику для міста при впровадженні додаткових коштів на протипожежний захист.

Приклад. У місті Львові за один рік виникає за середньостатистичними даними $N_n = 501$ пожежа з прямими збитками $Z=26921$ тис. грн. при пожежному ризику $\varepsilon_{\text{до}} = 5,85 \cdot 10^{-3}$, що відповідає неприйнятному ризику. Визначити значення пожежного ризику, збитки від пожеж та витрати на протипожежний захист по місту Львову після впровадження в житловому секторі сповіщувачів пожежних теплових типу АРТОН СПД-3.5 за ціною 65,97 грн. Максимально допустимі витрати на придбання сповіщувачів пожежних не повинні перевищувати 6000 тис. грн. Мінімально можливе для заданих умов значення пожежного ризику $a_1 = 3 \cdot 10^{-4}$; максимально можливе – $b_1 = 5 \cdot 10^{-4}$, що відповідає високому (терпимому) ризику.

Розв'язок. Визначаємо вхідні дані для ПЕОМ.

Існуючі витрати на протипожежний захист при встановленому значенні пожежного ризику перед впровадженням додаткових витрат на зменшення пожежного ризику за залежністю (4) $22837(\varepsilon k)^{-0,083}$

$$B_\varepsilon = 22837(\varepsilon k)^{-0,083} = 22837(5,85 \cdot 10^{-3} \cdot 100000)^{-0,083} = 13457 \text{ тис. грн.}$$

Максимально можливі витрати на протипожежний захист

$$b_3 = 5000 + B_\varepsilon = 5000 + 13457 = 18457 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо пожежний ризик від впровадження сповіщувачів пожежних при значенні терміну експлуатації $\tau = 9$ років (загальний термін напрацювання на відмову 10 років [10]). Тоді імовірність безвідмовної роботи пожежних сповіщувачів буде [11] при $\tau = 9 \cdot 365 \cdot 24 = 78840$ год та $a = 10 \cdot 365 \cdot 24 = 87600$ год

$$R(43800) = \exp\left[-\left(\frac{\tau}{a}\right)^2\right] = \exp\left[-\left(\frac{78840}{87600}\right)^2\right] = 0,99.$$

Тоді

$$\varepsilon_n = (1 - R(\tau))\varepsilon_{ai} = (1 - 0,99) \cdot 5,85 \cdot 10^{-3} = 5,85 \cdot 10^{-5}.$$

Визначаємо зменшення прямих збитків за залежністю (18)

$$\Delta\zeta = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{ai}} 100 = \frac{5,85 \cdot 10^{-5}}{5,85 \cdot 10^{-3}} 100 = 1\%.$$

Визначаємо b_2 за залежністю (15)

$$b_2 = \zeta\left(1 - \frac{\Delta\zeta}{100}\right) = 26921\left(1 - \frac{1}{100}\right) = 26651 \text{ тис. грн.}$$

Блок 1. Введення вхідних даних. $a_1 = 3 \cdot 10^{-4}$; $b_1 = 5 \cdot 10^{-4}$; $b_2 = 26651$ тис. грн; $b_3 = 18457$ тис. грн; $[p] = 0,5$.

Перший цикл роботи ПЕОМ.

Блок 2. Присвоєння $N_i = 0$; $k_i = 0$.

Блок 3. Давач псевдовипадкових чисел: $\mu_1 = 0,1$.

Блок 4. Визначення ε_1 за залежністю (14)

$$\varepsilon_1 = a_1 + \mu_1(b_1 - a_1) = 3 \cdot 10^{-4} + 0,1(5 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}) = 3,2 \cdot 10^{-4}.$$

Блок 5. Визначення прямих збитків Z_1 за залежністю (3)

$$\zeta_1 = 3023,3 \cdot \ln(\varepsilon_1 k) + 14948 = 3023,3 \cdot \ln(3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 100000) + 14948 = 25426 \text{ тис. грн.}$$

Блок 6. Визначення витрат V_1 на протипожежний захист за залежністю (4)

$$V_1 = 22837(\varepsilon k)^{-0,083} = 22837(3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 100000)^{-0,083} = 17128 \text{ тис. грн.}$$

Блок 7. Перевірка прямих збитків Z_1 та витрат V_1 за обмеженнями (11) і (12)

$$Z_1 = 25426 \text{ тис. грн} < b_2 = 26651 \text{ тис. грн};$$

$V_1 = 17128 \text{ тис. грн} < b_3 = 18457 \text{ тис. грн}$, що дозволяє перейти до блоку 8.

Блок 8. Присвоєння $N_1 = N_i + 1 = 0 + 1 = 1$.

Блок 9. Визначення $A_1 = |\zeta_1 - \hat{A}_1| = |25426 - 17128| = 8298$ (запам'ятати).

Блок 10. Перевірка умови $N_1 = 1$, що потребує повернення до блоку 3 і початку роботи другого циклу.

Другий цикл роботи ПЕОМ.

Блок 3. Давач псевдовипадкових чисел: $\mu_2 = 0,05$.

Блок 4. Визначення ε_1 за залежністю (14)

$$\varepsilon_2 = a_1 + \mu_2(b_1 - a_1) = 3 \cdot 10^{-4} + 0,05(5 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}) = 3,1 \cdot 10^{-4}.$$

Блок 5. Визначення прямих збитків Z_1 за залежністю (3)

$$\zeta_2 = 3023,3 \cdot \ln(\varepsilon_2 k) + 14948 = 3023,3 \cdot \ln(3,1 \cdot 10^{-4} \cdot 100000) + 14948 = 25318 \text{ тис. грн.}$$

Блок 6. Визначення витрат V_1 на протипожежний захист за залежністю (4)

$$V_2 = 22837(\varepsilon k)^{-0,083} = 22837(3,1 \cdot 10^{-4} \cdot 100000)^{-0,083} = 17173 \text{ тис. грн.}$$

Блок 7. Перевірка прямих збитків Z_1 та витрат V_1 за обмежен-

нями (11) і (12) $Z_2 = 25318$ тис. грн $< b_2 = 26651$ тис. грн;
 $B_2 = 17173$ тис. грн $< b_3 = 18457$ тис. грн, що дозволяє перейти до блоку 8.

Блок 8. Присвоєння $N_2 = N_1 + 1 = 1 + 1 = 2$.

Блок 9. Визначення $A_2 = |C_2 - \hat{A}_2| = |25318 - 17173| = 8145$ (запам'ятати).

Блок 10. Перевірка умови $N_2 = 2 > 1$, що дозволяє перейти до блоку 11.

Блок 11. Перевірка умови $A_2 = 8145 < A_1 = 8298$, що дозволяє перейти до блоку 12.

Блок 12. Присвоєння $k_1 = k_i + 1 = 0 + 1 = 1$.

Блок 13. Визначення $p_1 = \frac{k_1}{N_2} = \frac{1}{2} = 0,5$.

Блок 14. Перевірка умови $p_1 = 0,5 = [p] = 0,5$, що дозволяє перейти до блоку 15.

Блок 15. Роздрук результатів оптимізації: $\varepsilon = 3,1 \cdot 10^{-4}$;
 $Z = 25318$ тис. грн; $V = B_2 - B_\varepsilon = 17173 - 13457 = 3716$ тис. грн; $p = 0,5$.

Висновки:

1. Встановлено і обґрунтовано критерій для оптимізації та управління пожежним ризиком об'єктів, що дозволяє прогнозувати заходи для забезпечення пожежної безпеки міста.

2. Розроблена імітаційна оптимізаційна модель управління пожежним ризиком з використанням різницевого критерію та врахуванням заходів на протипожежний захист, які підвищують пожежну безпеку міста.

3. Необхідна подальша робота з метою удосконалення отриманих залежностей для визначення прямих збитків від пожежі і витрат на протипожежний захист міста, а також оптимізаційної моделі управління пожежним ризиком та спрощення прогнозування заходів на протипожежний захист міста.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер // Перевод с нем.. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

2. Пермяков В.И. Перспективы разработки и применения экспертных систем при тушении пожаров / В.И. Пермяков, А.И. Кудин // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: МВД Украины, 1993. – С. 293-296.

3. Кудин А.И. Розроблення експертної системи прийняття рішень при організації гасіння пожеж // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків: ХІПБ, 1997. – 18 с.

4. Кіндрацький Б.І. Раціональне проектування машинобудівних

конструкцій / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. – 279 с.

5. Моніторинг оперативної обстановки на території Львівської області за 2008 рік. – Львів: ГУ МНС України у Львівській області, 2009. – 7 с.

6. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / В.В. Бегун, І.М. Науменко. – К.: 2004. – 328 с.

7. Климась Р. Визначення ймовірності виникнення пожеж у будівлях і спорудах різного призначення / Р. Климась, Д. Матвійчук // Надзвичайна ситуація № 11, 2011. – с. 44-45.

8. 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.

9. Гулида Э.Н. Управление надежностью цилиндрических зубчатых колес / Э.Н. Гулида. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. Ун-те, 1983. – 136 с.

10. ДСТУ EN 54 Системи пожежної сигналізації.

11. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.

И.А. Мовчан, Э.Н. Гулида

Выбор и обоснование критерия для оптимизации и управления пожарным риском объектов города

Рассмотрены и проанализированы существующие критерии принятия решений в процессе организации ликвидации пожаров в городах. На основании этого анализа рекомендовано для выполнения действий, связанных с оптимизацией и управлением пожарным риском города, использовать критерий, который учитывает прямые убытки от пожаров и затраты на снаряжение противопожарной защиты объектов.

Ключевые слова: пожар, пожарный риск, критерий, матрица принятия решений, убытки от пожара, расходы на противопожарную защиту.

I.O. Movchan, E.M. Hulida

A choice and ground of criterion are for optimization and management fire risk of objects of city

The existent criteria of making decision are considered and analysed in the process of organization of liquidation of fires in cities. On the basis of this analysis it is recommended for implementation of the actions related to optimization and management the fire risk of city, to use a criterion that takes into account proximate damages from fires and expense on the equipment of fire-prevention defence of objects.

Keywords: fire, fire risk, criterion, matrix of making decision, fire losses, charges on fire-prevention defence.