

УДК 614.843 (075.32)

Е.М. Гуліда, д.т.н., проф., І.О. Мовчан, к.т.н.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТНОГО ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ ДЛЯ СОЦІАЛЬНО-КУЛЬТУРНИХ, ГРОМАДСЬКИХ ТА АДМІНІСТРАТИВНИХ СПОРУД

На підставі аналізу результатів статистики та використання методів математичної статистики були отримані залежності для визначення прямих збитків від пожеж і витрат на протипожежний захист споруд міста. Це дозволяє значно підвищити якість прогнозу при виконанні дій, які пов'язані з оптимізацією та управлінням пожежними ризиками, які залежать в першу чергу від прямих збитків, що виникли в результаті пожежі та витрат на спорядження протипожежного захисту об'єктів міста.

Ключові слова: прийнятний пожежний ризик, прямі збитки від пожежі, витрати на протипожежний захист.

Постановка проблеми. Результати аналізу статистичних даних показують, що з кожним роком кількість пожеж в містах України зростає з одночасним зростанням кількості загиблих людей унаслідок пожеж. Тому в державі необхідно впроваджувати такі заходи, які б зменшували кількість жертв в будь-яких надзвичайних ситуаціях. В цьому напрямку основним заходом попередження та запобігання надзвичайних ситуацій, в тому числі і пожеж, є визначення на підставі прогнозу пожежного ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою аналізу та управління пожежними ризиками останнім часом займаються в багатьох країнах світу. Значний вклад в розвиток цього напрямку 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 пожежного ризику базується на статистичних даних [1]. При цьому неможливо розрахувати його значення для об'єктів, на яких не відбувалися пожежі, і відповідно неможливо виконати прогноз їх пожежної безпеки.

Згідно із рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я [2] 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 $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є розроблення методу визначення та оптимізації пожежного ризику до прийняттого значення з урахуванням заходів з відповідними витратами для забезпечення пожежної безпеки об'єкту захисту. Для розв'язання цієї проблеми необхідно розробити методологію визначення пожежного ризику з використанням основних положень теорії надійності та теорій імовірностей і математичної статистики, прийняти відповідний критерій оптимізації і на підставі оптимізації, визначивши прийнятне значення пожежного ризику.

Виклад основного матеріалу. Основною задачею в процесі використання теорії прийняття рішення є вибір оцінки для прийняття відповідного рішення, тобто вибір певного критерія для прийняття цього рішення [3]. Наприклад, для прийняття рішення P_{ij} його необхідно оцінити за відповідним варіантом (надуманою пожежною ситуацією) B_i та умовами U_j , які можуть характеризуватися відповідними економічними показниками. Такими показника-

ми можуть бути, наприклад, витрати у вигляді прямих збитків від пожежі та витрати пожежно-рятувальних частин [4]. Для оптимізації пожежного ризику такий підхід є дуже складним і не обґрунтованим.

Згідно із загальною класифікацією, критеріальні задачі поділяють на класи [5]. 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 [6]. Дані, які наведені в [6], розглядалися для останніх п'яти років, на підставі яких було визначено, що в місті Львові в середньому за один рік виникає всього приблизно 501 пожежа при загальній кількості $N_o = 85600$ споруд житлового сектору, виробничого призначення, торговельно-складського, соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення міста Львова за ЄДРПОУ. Із загальної кількості об'єктів споруди соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення складають $N_c = 81768$ при загальній кількості пожеж на цих спорудах $N_n = 391$. В цьому випадку пожежний ризик на цих об'єктах буде

$$\varepsilon = \frac{N_n}{N_c} = \frac{391}{81768} = 4,78 \cdot 10^{-3}. \quad (1)$$

Визначене значення пожежного ризику $\varepsilon = 4,78 \cdot 10^{-3}$ відповідає згідно із рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я неприйнятному ризику. Таке значення пожежного ризику дозволяє зробити висновок про те, що в місті на спорудах соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення можуть виникати пожежі.

Для того, щоб ліквідувати цю загрозу і забезпечити потрібний пожежний ризик, розглянемо **метод визначення та оптимізації пожежного ризику**, згідно якого необхідно:

1. *Отримати існуючі дані статистики (звітні)* за останній період про прямі збитки від пожеж та витрати на спорядження протипожежного захисту об'єктів міста в залежності від пожежного ризику ε . На підставі оброблення статистичних даних методом математичної статистики отримуємо кореляційні залежності:

для визначення прямих збитків Z від пожеж

$$Z = 3023,3 \ln(\varepsilon \cdot 10^5) + 14948, \text{ тис. грн}; \quad (2)$$

для визначення витрат B на протипожежний захист

$$B = 22837(\varepsilon \cdot 10^5)^{-0,083}, \text{ тис. грн}. \quad (3)$$

2. *Визначити на кінець звітного періоду існуючі збитки від пожеж і витрати на протипожежний захист на спорудах соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення за залежностями (2) і (3) при $\varepsilon = 4,78 \cdot 10^{-3}$:*

існуючі прямі збитки Z_1 від пожеж

$$Z_1 = 3023,3 \ln(4,78 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5) + 14948 = 33600,6 \text{ тис. грн};$$

існуючі витрати B_1 на протипожежний захист

$$B_1 = 22837(4,78 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5)^{-0,083} = 13685 \text{ тис. грн}.$$

3. *Вибрати значення пожежного ризику, який необхідно забезпечити для споруд соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення, виходячи з рекомендованих даних. Для прийнятного пожежного ризику його значення змінюються в межах від мінімального $\varepsilon = 10^{-6}$ до максимального $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5}$. Приймаємо середнє значення **прийнятної** пожежного ризику $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-5}$;*

4. *Визначити для вибраного значення пожежного ризику сумарні прогнозовані витрати B_{Σ} на протипожежний захист за залежністю (3)*

$$B_{\Sigma} = 22837(2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5)^{-0,083} = 21164 \text{ тис. грн.}$$

5. *Визначити додаткові прогнозовані витрати B_2 для зменшення пожежного ризику до **прийнятного** значення*

$$B_2 = B_{\Sigma} - B_1 = 21164 - 13685 = 7479 \text{ тис. грн.}$$

6. *Скласти заходи, згідно яких визначити придбання та облаштування споруд відповідними протипожежними засобами. Наприклад, влаштування на об'єктах торговельно-складського, соціально-культурного та адміністративного призначення, на яких знаходиться значна кількість людей, системи сповіщення та управління евакуацією людей III типу за витратами на придбання та влаштування 2100 грн, а також сповіщувачів пожежних теплодимових типу АРТОН СПД-3.5 за ціною 65,97 грн і влаштуванням за одну одиницю в сумі 24 грн.*

Системи сповіщення та управління евакуацією людей III типу встановлюємо на об'єктах, на яких виникали пожежі, тобто на 391 об'єкті, а пожежні сповіщувачі по 4 штуки на 18500 об'єктах з великим значенням пожежного ризику. В цьому випадку дійсні витрати будуть складати

$$B_{20} = 2100 \cdot 391 + 89,97 \cdot 4 \cdot 18500 = 747888 \text{ грн} = 7478,9 \text{ тис. грн.}$$

7. *Визначити прогнозоване значення пожежного ризику за залежністю (3)*

$$(\varepsilon_{np} \cdot 10^5)^{0,083} = \frac{22837}{7478,9} = 3,05;$$

тоді $\varepsilon_{np} = 1,1 \cdot 10^{-5}$.

8. *Визначити зменшення збитків ΔZ від пожежі від впровадження прогнозованого пожежного ризику $\varepsilon_{np} = 1,1 \cdot 10^{-5}$ в порівнянні з існуючим $\varepsilon = 4,78 \cdot 10^{-3}$*

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2 = 33600,6 - [3023,3 \ln(1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5) + 14948] = 18364,4 \text{ тис. грн,}$$

що відповідає зменшенню збитків на 54,6% при відповідному зменшенні пожежного ризику.

9. *Визначити мінімально можливе оптимальне значення пожежного ризику, наприклад, для умов (2) і (3), з отриманням рівняння у вигляді функції y , яка формується як сума залежностей (2) і (3). Після цього від цієї функції беремо похідну та прирівнюємо її до нуля. Перевірку мінімуму пожежного ризику виконуємо за рахунок визначення зміни 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 у*

$$y = 3023,3 \ln(\varepsilon \cdot 10^5) + 14948 + 22837(\varepsilon \cdot 10^5)^{-0,083}. \quad (4)$$

Після цього визначаємо похідну від функції (4) та прирівнюємо її значення до нуля

$$\frac{dy}{d\varepsilon} = \frac{3023,3}{\varepsilon \cdot 10^5} - 1895,5(\varepsilon \cdot 10^5)^{-1,083} = 0. \quad (5)$$

Результати розрахунку для міста Львова дозволили встановити, що оптимальне значення прийняттого пожежного ризику дорівнює $\varepsilon_{on} = 6,87 \cdot 10^{-6}$. При цьому умова мінімуму перевірялася за залежністю (5) 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.

10. *Визначити значення додаткових витрат B_{3on} при впровадженні оптимального пожежного ризику $\varepsilon_{on} = 6,87 \cdot 10^{-6}$ в порівнянні з прогнозованим пожежним ризиком $\varepsilon_{np} = 1,1 \cdot 10^{-5}$*

$$B_{3on} = B_{\Sigma on} - (B_1 + B_{2d}) = 22837(6,87 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5)^{-0,083} - (13685 + 7478,9) = 2395,9 \text{ тис. грн.}$$

11. *Визначити зменшення збитків ΔZ_{on} при впровадженні заходів, які б забезпечували оптимальне прогнозоване значення прийняттого пожежного ризику $\varepsilon_{on} = 6,87 \cdot 10^{-6}$ в порівнянні з існуючим $\varepsilon = 4,78 \cdot 10^{-3}$*

$$\Delta Z_{on} = Z_1 - Z_3 = 33600,6 - [3023,3 \ln(6,87 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5) + 14948] = 19787,6 \text{ тис. грн.}$$

Результати аналізу методу визначення та оптимізації пожежного ризику до прийнятного значення дозволяють, наприклад, для міста Львова отримати графічну залежність впливу величини пожежного ризику для споруд соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення на витрати для протипожежного захисту (рис. 1).



Рисунок 1 – Вплив величини пожежного ризику для споруд соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення на витрати для їх протипожежного захисту

При зменшенні, наприклад, пожежного ризику з величини $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-5}$ до $\varepsilon = 0,687 \cdot 10^{-5}$, тобто в 3,64 рази, витрати на протипожежний захист збільшуються на 11,3%. Таким чином, вкладаючи кошти в протипожежний захист споруд різного призначення можна досягти і забезпечити для міста потрібний пожежний ризик.

Висновки.

1. Розроблено метод визначення та оптимізації пожежного ризику для споруд соціаль-

но-культурного, громадського та адміністративного призначення, який дозволяє при урахуванні відповідних заходів на протипожежний захист забезпечувати необхідний пожежний ризик для міста.

2. Розроблений метод визначення та оптимізації пожежного ризику можна використувати не тільки для споруд соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення, а і для любых споруд виробничого призначення, торговельно-складських споруд, споруд житлового сектору тощо.

3. Встановлено, що між пожежним ризиком і витратами на протипожежний захист об'єктів міста існує нелінійна степенева залежність. Наприклад, при зменшенні пожежного ризику в 13 разів витрати на протипожежний захист збільшуються в 1,24 рази.

Перспективи подальших досліджень.

Як бачимо, проблема забезпечення прийняттого пожежного ризику для будівель і споруд різного призначення є доволі актуальною в наш час. Зараз дедалі більше уваги звертають на комплексну реалізацію цього питання в напрямку розгляду пожежного ризику цілих населених пунктів. Тому, необхідна подальша робота з метою удосконалення методу визначення та оптимізації пожежного ризику і спрощення прогнозування заходів на протипожежний захист міста.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Климась Р. Визначення ймовірності виникнення пожеж у будівлях і спорудах різного призначення / Р. Климась, Д. Матвійчук // Надзвичайна ситуація № 11, 2011. – с. 44-45.
2. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / В.В. Бегун, І.М. Науменко. – К.: 2004. – 328 с.
3. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер // Перевод с нем.. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
4. 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.
5. Кіндрацький Б.І. Рациональне проектування машинобудівних конструкцій / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. – 279 с.
6. Моніторинг оперативної обстановки на території Львівської області за 2008 рік. – Львів: ГУ МНС України у Львівській області, 2009. – 7 с.
7. Гуліда Е.М. Оцінювання пожежного ризику для споруд виробничого призначення / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан // Науковий вісник НЛТУ України. Випуск 22.9, 2012 / Львів: НЛТУ. – С. 118-128.
8. Мовчан І.О. Метод визначення ризику евакуації людей із громадських і адміністративних споруд та споруд житлового сектора при пожежі з урахуванням її критичного часу / І.О. Мовчан, І.В. Паснак // Теорія та практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2012. – С. 136-138.
9. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Брушлинский Н.Н. – М: Стройиздат, 1981. – 96 с.