

УДК 004.056

М.В. Захарова, к.т.н.,  
Черкаський державний технологічний університет

## МЕТОД ВИБОРУ КОМПЛЕКСІВ ЗАХОДІВ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ

Робота присвячена вдосконаленню процесів вибору засобів протипожежного захисту з метою підвищення ефективності функціонування систем протипожежного захисту об'єкту. Розроблено метод вибору засобів захисту, який за рахунок використання нечіткої логіки дозволяє визначити здатність відповідної системи протипожежного захисту протистояти небезпечним факторам.

**Ключові слова:** система протипожежного захисту, ефективність, комплекс заходів і засобів захисту, небезпечний фактор.

**Постановка проблеми.** На сьогодні існують проблеми, пов'язані з необхідністю підвищення ефективності систем протипожежного захисту (СПЗ). Метою створення будь-якої СПЗ є забезпечення безпеки людей та майна від впливу небезпечних факторів (НФ) пожежі або обмеження його наслідків. Очевидно, що без достатнього технічного та матеріального забезпечення неможливо приймати правильні рішення, що безпосередньо впливають на долю підприємства або організації, на їх розвиток і життєздатність. Обстановка постійно змінюється, число рішень росте, їхні наслідки усе складніше прогнозувати, а ціна втрат з кожним днем підвищується. Тому розробка методів аналізу захищеності об'єкта та отримання на їх основі практичних методів вибору комплексів заходів і засобів (КЗЗ) протипожежного захисту (ППЗ) становить актуальну проблему, яка має наукове і практичне значення.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** В сучасних публікаціях, присвячених методам і засобам забезпечення безпеки об'єкта недостатньо приділяється увага питанням розробки та вибору комплексів засобів ППЗ. У той же час деякі практичні посібники з розробки СПЗ присвячені рекомендаціям по визначенню засобів забезпечення безпеки, але дані рекомендації носять неформальний характер. З аналізу сучасної літератури з проблем проектування СПЗ [3] та захисту об'єкта від впливу НФ не зовсім зрозуміло, як здійснити вибір засобів захисту з урахуванням вимог захисту або оцінити ефективність СПЗ.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.**

При проектуванні ефективної СПЗ на об'єкті будь-якого типу необхідно сформулювати вимоги до системи, розробити методи визначення цінності ресурсів об'єкта та методи реагування на появу НФ [3]. Тому важливо створювати і застосовувати ефективні заходи та засоби ППЗ для реалізації функцій захисту об'єкта. Для забезпечення захисту на заданому рівні необхідне застосування КЗЗ щодо забезпечення безпеки, що поєднуються в єдину СПЗ.

**Постановка задачі та її розв'язання.**

Метою даної роботи є підвищення ефективності СПЗ за рахунок вибору заходів і засобів, використання яких в комплексі при мінімізації вартості дозволить досягти максимізації загального рівня захищеності всієї системи в цілому. Проектування будь-яких систем захисту фактично пов'язано з невідомими подіями в майбутньому і тому завжди містить елементи невизначеності, наприклад, етап проектування СПЗ природним чином супроводжує значна невизначеність, тому ефективним є застосування механізму нечіткої логіки, що дозволяє будувати моделі предметної області, адекватні реальним, на основі семантичного опису об'єкта дослідження і знань експертів, що набагато простіше за розробку складних математичних моделей. При цьому, за допомогою спеціалізованих методів обробки нечислової інформації забезпечуються досить точні рішення.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

Оцінка ефективності ППЗ – процес встановлення відповідності між результатом захисту й поставленою метою. Із зростанням складності об'єктів аналізу, складу та характеристик НФ завдання кількісної оцінки захищеності залишається актуальним. Оцінка ефективності КЗЗ можлива на основі порівняння значення показника захищеності з нормативним значенням і на основі порівняння показників без вживання і в умовах вживання ефективного КЗЗ [5].

Наприклад, в якості об'єкта протипожежного захисту (ОЗ) можна розглядати об'єкт, що може бути підданий впливу НФ пожежі. Пожежна небезпека об'єкта захисту – стан, що характеризується можливістю виникнення і розвитку пожежі, а також впливу на людей і майно НФ пожежі [2].

Тому першим етапом процесу вибору КЗЗ є аналіз об'єкта захисту, його функціонального призначення, властивостей та визначення небезпечних для ОЗ факторів. Основою ефективного аналізу захищеності ОЗ є складання повного переліку потенційних небезпечних впливів, виділення з повного переліку узагальнених типів, їх опис та класифікація, дослідження можливості їх впливу на СПЗ.

На другому етапі кожному з засобів безпеки ставиться у відповідність деякий набір показників, наприклад, вартість, ресурсомісткість, рівень захисту, які характеризують ступінь впливу даного засобу на ймовірність впливу будь-якого НФ (рис. 1).

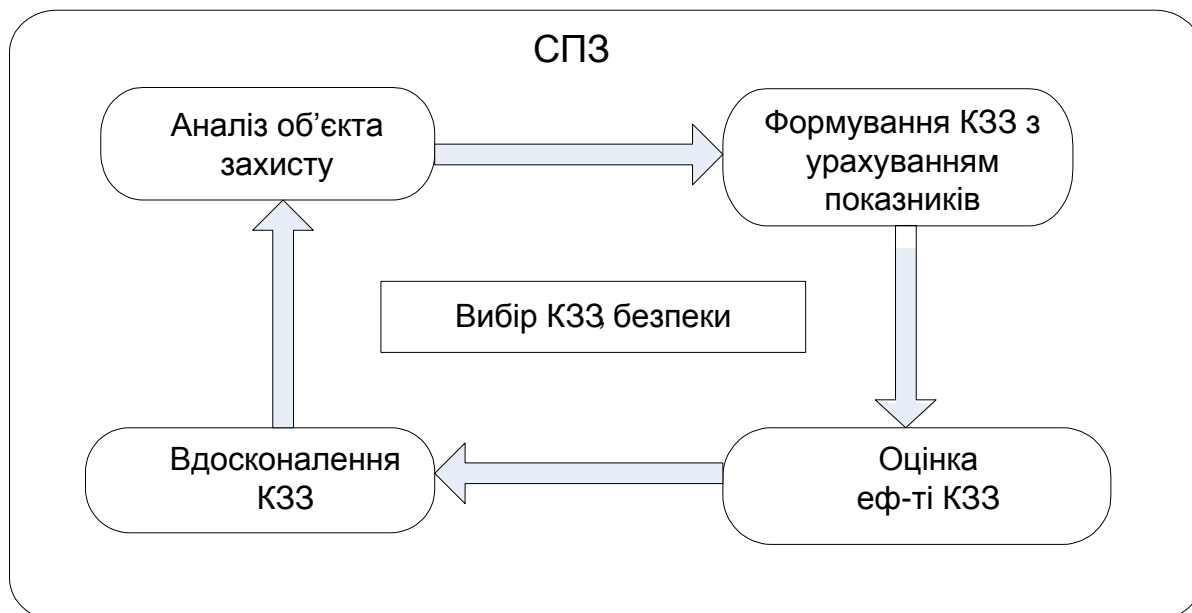


Рисунок 1 – Схематичне відображення методу вибору КЗЗ.

Таким чином, будь-який НФ реалізується за період часу з ймовірністю близькою до одиниці. Для кожного НФ  $F = \{F_1, \dots, F_n, \dots, F_N\}$  визначений КЗЗ  $Z = \{Zx_1, \dots, Zx_k, \dots, Zx_K\}$  із заданими значеннями коефіцієнтів ефективності ППЗ  $\varepsilon_{nk}, k = \overline{1, K}$  у вигляді нечітких чисел [6]. Використання ефективних КЗЗ впливає на значення ймовірності впливу НФ і коефіцієнта ризику. Зміна коефіцієнта ризику впливу НФ при застосуванні КЗЗ може бути задана у вигляді початкових даних.

НФ впливають на вибір КЗЗ, тому один із способів оцінки такого впливу заснований на зниженні коефіцієнтів ризику та ймовірності реалізації НФ в умовах захисту експертами за допомогою систем нечіткого виводу. Значення коефіцієнту ефективності захисту  $\varepsilon_{nk}$  не залежатиме від значення коефіцієнта ризику від НФ  $F_n$  і ймовірності впливу НФ  $P_r$ , а визначатиметься лише видом НФ та рівнем, до якого може бути знижений НФ і ймовірність його впливу [4].

Рішення про розширення класифікацій НФ та КЗЗ приймається відповідно до системи оцінок достовірності нейтралізації впливу НФ в розрізі окремих засобів захисту. Результати експертних оцінок представляють у вигляді матриці:

$$\begin{matrix} Zx_1 \\ Zx_2 \\ \dots \\ Zx_k \\ \dots \\ Zx_K \end{matrix} \begin{pmatrix} \alpha(\varepsilon_{11}) & \alpha(\varepsilon_{12}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{1n}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{1N}) \\ \alpha(\varepsilon_{21}) & \alpha(\varepsilon_{22}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{2n}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{2N}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha(\varepsilon_{k1}) & \alpha(\varepsilon_{k1}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{kn}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{kN}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha(\varepsilon_{K1}) & \alpha(\varepsilon_{K1}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{Kn}) & \dots & \alpha(\varepsilon_{KN}) \end{pmatrix},$$

де  $Z = \{Zx_1, \dots, Zx_k, \dots, Zx_K\}$  – множина КЗЗ,  $K$  – кількість засобів із заданими значеннями коефіцієнтів ефективності ППЗ  $\varepsilon_{nk}, k = \overline{1, K}$  у вигляді нечітких чисел.

Коефіцієнти ефективності КЗЗ використовуються для обчислення стійкості  $P_Z$ , що дорівнює:

$$P_Z = 1 - \prod (1 - P_{Z_{ni}}), \quad (1)$$

де  $P_{Z_{ni}}$  – ефективність  $i$ -го КЗЗ безпеки, що застосовується для побудови СПЗ.

На наступному етапі ефективність захисту  $\varepsilon_{nk}$   $k$ -го КЗЗ для  $n$ -го виду НФ задається двома зв'язаними таблицями: таблиця  $D$  значень коефіцієнта ризику та таблиця ймовірностей впливу НФ в умовах застосування КЗЗ –  $H$ , що визначають, до якого рівня  $k$ -й КЗЗ знижує коефіцієнт небезпеки  $n$ -ого НФ та ймовірність його впливу відповідно [3].

Оцінити вплив НФ на вибір КЗЗ можна також за допомогою імітаційного моделювання, набору статистичних даних, в умовах застосування КЗЗ ППЗ в залежності від часу  $t$ , коефіцієнтів ризику та умовної ймовірності  $s$ -ної реалізації НФ  $P(t/u_s)$ . Він заснований на визначенні тимчасових залежностей коефіцієнта небезпеки  $F_n(t)$  та ймовірності впливу НФ  $P(t)$ . Ефективність КЗЗ захисту в цьому випадку визначається у вигляді коефіцієнтів, залежних від часу, що зменшують коефіцієнт НФ  $\lambda(t)$  і ймовірність реалізації  $\varphi(t)$ . В цьому випадку обчислення ефективності захисту у момент часу:

$$E(t) = \prod_n ((1 - \lambda(t)F_n(t) \cdot \prod_s P(t)\varphi(t)P(t/u_s))) \quad (2)$$

Останній етап – вдосконалення КЗЗ. Проводиться аналіз відповідності заданим вимогам: оцінка рівня захищеності. У випадку, коли рівень захищеності відповідає заданим вимогам, створюється СПЗ. Вимоги до ефективності КЗЗ ППЗ можуть істотно відрізнятись стосовно рішення конкретної задачі захисту. При оцінці ефективності захисту необхідно визначити можливі НФ і оцінити рівень адекватних заходів безпеки по кожному НФ, враховувати можливі вразливості СПЗ, для яких необхідно передбачити ефективні заходи і засоби протипожежної безпеки.

Встановлені та вжиті КЗЗ захисту, особливо в початковий період їхньої експлуатації, можуть забезпечувати як надмірний, так і недостатній рівень захисту. Для забезпечення можливості варіювання рівнем захищеності, засоби ППЗ повинні мати певну гнучкість. Тому захист полягає не тільки в створенні відповідних КЗЗ, а являє собою регулярний процес, що здійснюється на всіх етапах життєвого циклу системи при комплексному використанні всіх

наявних заходів і засобів ППЗ. При цьому всі засоби, методи й заходи безпеки повинні раціонально поєднуватися в єдиний цілісний механізм – СПЗ.

Якщо всі показники, які описують властивості засобів і заходів захисту, виражені кількісно, то проектування СПЗ зводиться до створення математичної моделі. Для перетворення якісних показників у кількісні, використовуються експертні оцінки.

Таким чином, при отриманні вхідних даних для проведення розрахунків ефективності КЗЗ використовуються інструментальні засоби, призначені для прийняття рішення, що базується на алгоритмах логічного виводу на основі системи правил, сформованих в умовах невизначеної інформації (НВІ).

Система нечіткого логічного виводу повинна містити модулі, що забезпечують формування і редагування функцій належності, введення і редагування системи нечітких продукційних правил (НПП) з можливістю приписування кожному правилу коефіцієнта достовірності (див. рис 2). Тому, у випадку завдання коефіцієнта НФ  $\lambda(t)$  і коефіцієнта ймовірності реалізації  $\varphi(t)$  в нечіткому вигляді, визначення  $F_n(t)$  та  $P(t)$ , формулу для обчислення ефективності захисту в умовах нечіткості можна представити:

$$E(t) = \prod_n ((1 - \lambda(t)F_n(t) \cdot \prod_s P(t)\varphi(t)P(t/u_s))) \cdot (F_n(t) \rightarrow E'), \quad (3)$$

де операції множення здійснюються за правилами теорії нечітких множин, що дозволяє надати наочні результати для правильного прийняття рішень.

До найбільш відомих моделей, призначених для обробки нечітких даних, відносяться нечіткі моделі з лінгвістичною та бальною шкалами [1], які використовуються для експертного оцінювання рівня захищеності ОЗ.

Основними процедурами нечіткого виводу є формування бази правил системи нечіткого виводу, фазифікація вхідних параметрів, агрегування, активізація та дефазифікація. Основний інструмент – функція належності (ФН). Це інструмент перекладу лінгвістичних змінних на математичну мову для подальшого застосування методу нечітких множин [1].

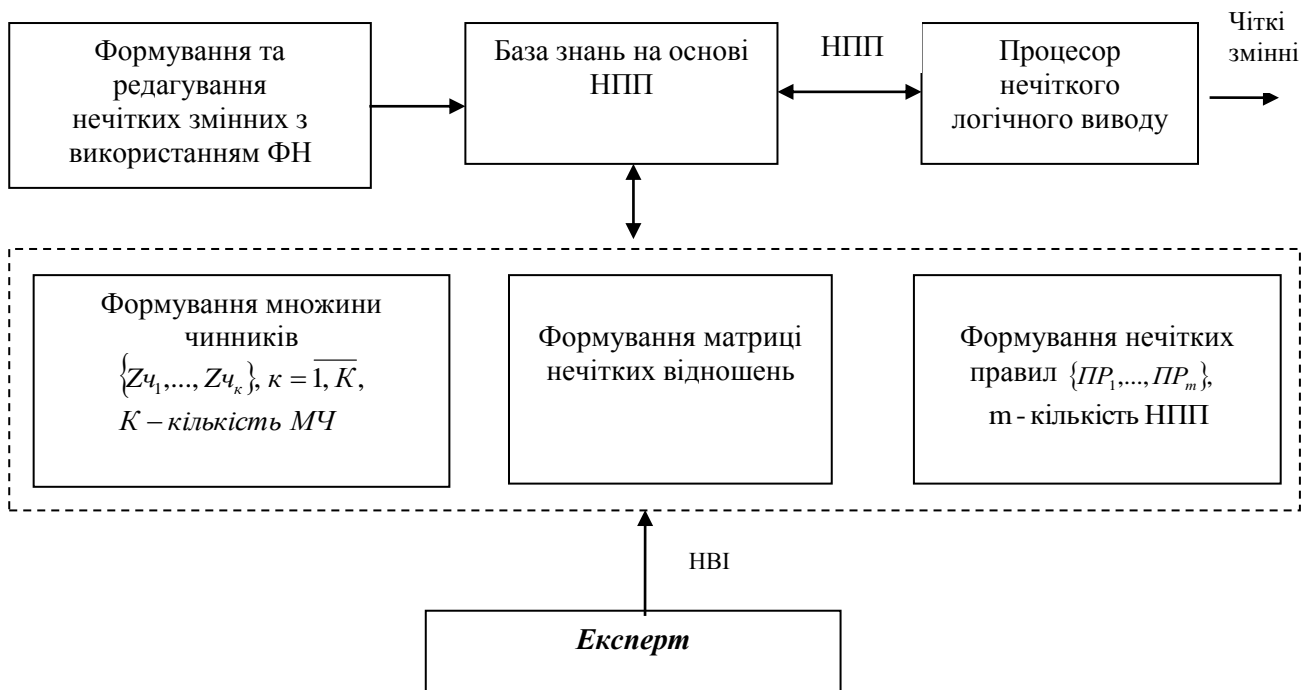


Рисунок 2 – Система нечіткого виводу.

ФН є математичною функцією, що задає ступінь або упевненість, з якою ресурси деякої множини належать заданій нечіткій множині. Ступінь належності визначається деяким дійсним числом з інтервалу [0,1].

При аналізі ефективності СПЗ визначаються, які КЗЗ використовуються на об'єкті, застосовуються відповідні критерії оцінки, щоб визначити, чи є дані комплекси сильними або слабкими в порівнянні з іншими реалізаціями цих же засобів ППЗ. Для цього вирішуються задачі прийняття рішень, які є одними із розповсюджених методів, що мають практичну реалізацію, які часто використовуються в таких умовах, коли поставлені цілі, наявні обмеження і наслідки, що породжуються можливими діями, точно не відомі. Для опрацювання неточно відомих величин часто застосовують методи теорії ймовірностей, прийняття рішень. При цьому реальні нечіткості ототожнюють з випадковостями, які пов'язані з невизначеністю щодо належності чи неналежності об'єкта до традиційної множини.

#### **Висновки.**

Запропонований метод дозволяє підвищити ефективність СПЗ, обґрунтовано вибрати оптимальні КЗЗ ППЗ, що знижують ризики до допустимих рівнів і володіють найбільшою ефективністю, розробити рекомендації з проведення регулярних перевірок СПЗ. Оцінка ефективності комплексів заходів і засобів безпеки виконується за допомогою механізмів нечіткої логіки, використовуються коефіцієнти зниження впливу НФ пожежі. Раціональний вибір КЗЗ безпеки дозволяє здійснити побудову СПЗ на об'єкті будь-якого типу при обмежених витратах на реалізацію захисту та підвищити ефективність протипожежного захисту в цілому.

#### **Перспективи подальших досліджень.**

Підготовка науково обґрунтованих рекомендацій управління КЗЗ безпеки конкретних об'єктів захисту.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Нечеткая оптимизация: Учеб. пособие / Ю.П. Зайченко. – К.: Вышш. шк., 1991. – 191 с.
2. ДСТУ 2272–93. ССБП. Пожежна безпека. Терміни та визначення.
3. Конев И.Р. Информационная безопасность предприятий / И.Р.Конев, А.В. Беляев. – С.Пб: БХВ-Петербург, 2003. – 752 с.
4. Корченко А.Г. Методология синтеза механизмов защиты информационных ресурсов / А.Г. Корченко, Є.В. Паціра, М.В. Захарова // Защита информации: Сборник научных трудов. –К.: НАУ, 2008. – С. 99–102.
5. Рожков А.П. Пожежна безпека: Навч.посібник для студентів вищих закладів освіти України / А.П. Рожков. – Київ: Пожінформтехніка, 1999. –256 с.
6. Рындюк В.А. Повышение защищенности информационных ресурсов за счет определения коэффициентов эффективности механизмов защиты / В.А. Рындюк, М.В. Захарова // Сборник статей по материалам докладов участников II Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в гуманитарном образовании», 22-23 апреля 2009 г. – Пятигорск: ПГЛУ, 2009. – С. 398–404.