

*М.М. Козяр, д-р пед. наук, професор, І.О. Мовчан, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Отримано математичну модель системи забезпечення пожежної безпеки виробничого підприємства. Її використання дає можливість застосувати відомі оптимізаційні методи для отримання оптимальної структури системи забезпечення пожежної безпеки і підвищення ефективності функціонування в умовах конкретного виробничого об'єкта. Система забезпечення пожежної безпеки включає усі складові безпеки підприємства а також такі функціональні підсистеми: профілактику; виявлення пожежі; сповіщення і евакуацію; ліквідації пожежі.

Ключові слова: безпека, модель, підприємство, структура, оптимізація.

Постановка проблеми. Як свідчать статистичні дані [1], нині збільшується кількість надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру. Це пояснюється збільшенням антропогенного впливу, швидко прогресуючим зносом основних фондів підприємств. Для подолання ситуації, що склалася, необхідно: по-перше, забезпечити прийнятний рівень пожежної безпеки об'єктів, по-друге – передбачити зниження міри впливу наслідків можливої пожежі.

Рішення вказаних складних і взаємозалежних завдань потребує наявності розвиненої структури протидії надзвичайним ситуаціям, в першу чергу – підтримування заданого рівня безпеки підприємств. Вказана структура повинна містити комплекс технічних засобів і організаційних заходів із запобігання виникненню можливої НС і мінімізації його наслідків.

В умовах обмеженості засобів, що виділяються на рішення проблем пожежної безпеки об'єктів, особливо важливим стає завдання підвищення ефективності функціонування системи забезпечення пожежної безпеки (СЗПБ). В першу чергу це стосується промислових підприємств, найбільш небезпечних в пожежному відношенні. Одним з шляхів вирішення цих завдань є математичне моделювання СЗПБ і її підсистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Очевидно, кожному рівню техногенної небезпеки повинен відповідати певний рівень вимог до системи безпеки промислового об'єкта.

На сьогодні ієрархічна схема безпеки інформаційних систем має чотири основні класи D, C, B і A [2]. Відомо, що клас D забезпечує мінімальний захист, клас C – виборчий захист, клас B – обов'язковий захист, а клас A – перевірений захист, причому в останньому випадку потрібний математичний доказ того, що цей метод забезпечення безпеки адекватний заданій стратегії безпеки.

Аналогічну класифікацію доцільно використати і для систем пожежної безпеки промислових об'єктів. При цьому для промислових підприємств, які характеризуються високим рівнем вибухової і пожежної небезпеки, система пожежної безпеки повинна відповідати випадку A (перевірений захист). Для нього потрібна чітка формалізація в описі як виробничого об'єкта, так і його системи забезпечення пожежної безпеки, яка зазвичай реалізується при побудові їх математичних моделей.

СЗПБ охоплює усі складові безпеки підприємства і включає такі функціональні підсистеми, як [3]:

- профілактики пожежі;
- виявлення пожежі;
- сповіщення і евакуації;
- ліквідації пожежі.

При цьому в математичній моделі СЗПБ повинні враховуватися такі чинники: наявність системи пожежної профілактики виникнення пожежонебезпечних ситуацій, загорянь і

пожежі; функціонування автоматичних систем пожежної сигналізації і пожежогасіння; характеристики процесу локалізації і гасіння пожежі; виникнення небезпечних для людей чинників пожежі; формування матеріального збитку від пожежі; взаємодія об'єктової пожежної охорони і гарнізону МНС України.

Сума прямих і непрямих збитків від техногенних катастроф, що супроводжуються пожежами, може бути порівняна з планованим приростом ВВП [4]. Тому останніми роками проблемам наукового обґрунтування вибору оптимальної структури системи безпеки приділяється велика увага, у тому числі і на державному рівні, законодавчо.

Ідеологія представлення формалізованого опису системи безпеки виробничого об'єкта, що містить джерела техногенної небезпеки, запропонована в роботі [5]. Відмітимо, що абсолютна більшість публікацій присвячена розробці методології визначення ризиків виникнення НС [6]. Проте проблема протидії НС значно ширша і, безумовно, включає питання узгодження структури підприємства і його системи безпеки в динаміці.

Метою статті є побудова математичної моделі динамічної взаємодії промислового підприємства і його системи безпеки упродовж життєвого циклу.

Постановка завдання і її рішення. Формально система безпеки S промислового підприємства як цілеспрямована система може бути представлена у вигляді [5]

$$S = \langle (M \cdot R) \cdot P \rangle$$

Елементами M виступають технічні засоби M_1 і організаційні заходи M_2 , $M = M_1 \cup M_2$ для запобігання виникненню можливої НС і мінімізації її наслідків.

Безліч технічних засобів $M_1 = \{m_{11}, m_{12}, m_{1N}\}$ характеризується багатовимірним вектором параметрів $x_1 = \{x_{ij}\}_{i=1, \dots, N_1}$, що включає топологічні характеристики кожного технічного засобу m_{1i} , параметри його розміщення (дислокації), вартість та ін. Безліч організаційних заходів $M_2 = \{m_{21}, m_{22}, \dots, m_{2L}\}$ характеризується вектором ресурсів $x_2 = \{x_{ij}\}_{i=1, \dots, N_2}$, який включає час, людські і матеріальні ресурси, пріоритетність заходу і тому подібне.

Вектором параметрів множини M є $x = x_1 \cup x_2$, $\text{card} |x| = N$.

В сукупності властивості кожного елемента безлічі M формують системні властивості P системи безпеки S , які не є просто сумою властивостей елементів, а створюють синергетичний ефект.

На рис. 1 представлена схема взаємодії промислового підприємства і його системи пожежної безпеки.

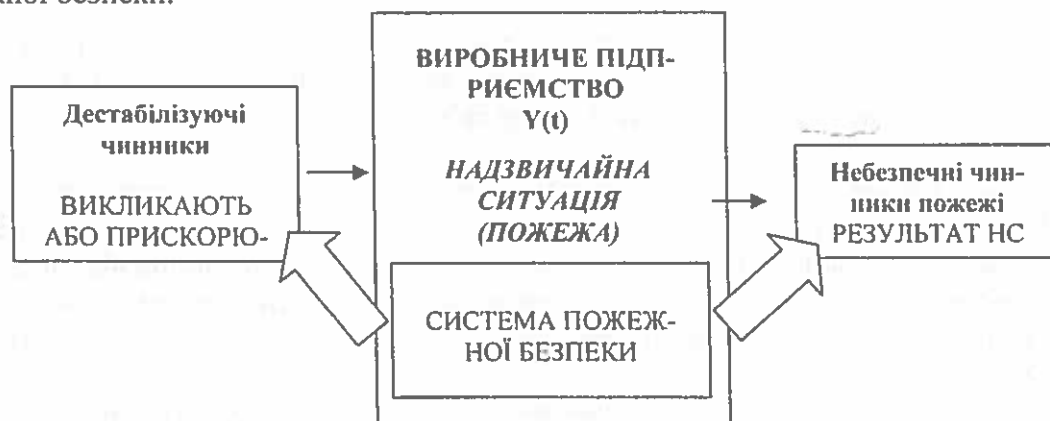


Рис. 1. Схема взаємодії промислового підприємства і його системи пожежної безпеки упродовж життєвого циклу

Властивості і характеристики промислового підприємства, для якого створюється або реконструюється система безпеки, загалом є нестационарними і визначаються вектором $Y(t)$, $t \in [t_0, t_k]$, де t_0, t_k відповідно початковий і кінцевий моменти інтервалу ухвалення рішен-

ня. Компонентами вектора $Y(t)$ виступають характеристики виробничих фондів (ВФ) підприємства, технології виробництва та ін., приведені до безрозмірного виду. Ці характеристики формують екзогенні змінні моделі системи безпеки.

Процес старіння виробничих фондів (ВФ) об'єкта призводить до необхідності заміни морально і фізично застарілого устаткування і технологій. Це стосується і комплексу технічних засобів (КТЗ) системи безпеки. Життєвий цикл системи безпеки підприємства також має свої етапи розробки, створення, модернізації, реінжинірингу, які в загальному випадку характеризуються іншою динамікою.

У момент реконструкції вносяться додаткові обмеження і виникають нові завдання щодо забезпечення безпеки підприємства (рис. 2). Так, зміна технології може ставити інші вимоги до систем виявлення, гасіння пожежі, до кваліфікації персоналу підприємства, було причиною зміни функціонального призначення робочих приміщень, їх перепланування.

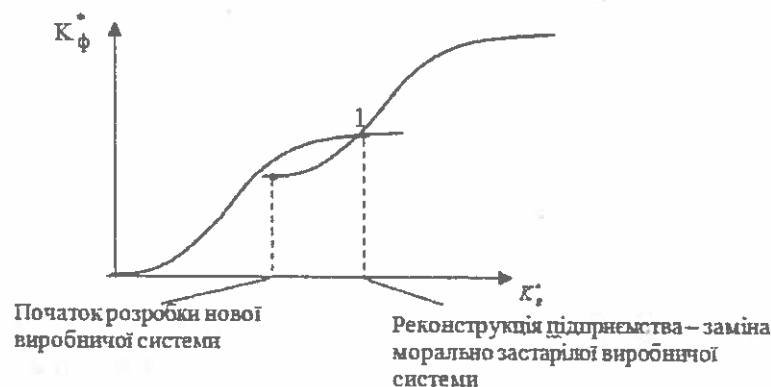


Рис. 2. Етапи життєвого циклу підприємства:

K_B^* – витрати на виробництво; $K_φ^*$ – економічний ефект

Під час розробки проекту реконструкції є можливість підвищити рівень безпеки підприємства таким способом: зменшити імовірність виникнення НС шляхом поліпшення існуючої або впровадження нової прогресивної технології, підвищення ефективності наглядових заходів, а також знизити рівень дії негативних чинників можливої техногенної аварії на довкілля зміною не лише функціональних характеристик P , але і структури M системи безпеки. Ці заходи можна віднести до профілактичних.

Загальна проблема визначення оптимальної структури системи безпеки підприємства може бути представлена трьома етапами:

- формування безлічі допустимих рішень X – можливих варіантів системи безпеки;
- завдання оцінювання: визначення метрики, в якій робиться порівняння допустимих рішень $x \in X$. По суті, це завдання є багатокритерійним і його рішення запропоноване в [7];
- завдання оптимізації: вибір з допустимої безлічі X ефективного (найкращого) рішення $x^* \in X$ або, в загальному випадку, деякої безлічі опорних рішень $XO \subset X$ (безліч байдужості).

Безліч допустимих рішень X задається на основі змістовного аналізу даних про характеристики і стан конкретного підприємства і його системи безпеки в неявній формі як підобласть області існування системи у вигляді:

$$h_s(x, q_h) \leq 0; s = \overline{1, S} \quad (1)$$

$$g_l(x, q_g) = 0; l = \overline{1, L}, \quad (2)$$

де h_s, g_l – оператори, що визначають структуру математичної моделі відповідного обмеження;

q_h, q_g – кількісні параметри відповідних обмежень.

Кожне рішення $x \in X$ описується п різними кількісними характеристиками (приватними критеріями) $k_i(x), i = \overline{1, n}$. На множині $k_i(x)$ запропоновано модель оцінювання [8], що дозволяє отримати скалярну кількісну оцінку будь-якого рішення $x \in X$, виду:

$$P(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_i k_i(x), \quad (3)$$

У загальному випадку (3) є функцією мети математичної моделі системи безпеки підприємства.

Приватні критерії $k_i(x)$ складені таким чином, що у разі нормального функціонування системи безпеки підприємства інтегральний показник якості $P(x)$ прагне до мінімуму. За значенням, яке приймає $P(x)$, можна робити висновок про міру відхилення системи безпеки і її підсистем від необхідного (бажаного) стану.

Реконструкція підприємства, окрім надання очевидних можливостей підвищення рівня пожежної безпеки, чинить значні дії на роботу підсистеми профілактики. Безліч профілактичних заходів значно збільшується і змінюється. Це є причиною зміни векторного функціонала якості функціонування системи $Y(t)$.

Зміна вектора $Y(t)$ призводить до деформації області допустимих рішень X моделі СЗПБ : $X = \Theta[Y]$. У систему обмежень (1) – (2) оптимізаційній багатокритерійній моделі СЗПБ виробничого підприємства (1) – (3) в загальному випадку вносяться додаткові умови, і вона набуває вигляду

$$h_s(x, q_h, Y, t) \leq 0, \quad g_l(x, q_g, Y, t) = 0, \quad f_p(x, q_f, Y, t) = 0, \\ s = \overline{1, S(Y)}, \quad l = \overline{1, L(Y)} \quad p = \overline{1, P(Y)},$$

де f_p – оператори, що визначають структуру математичної моделі додаткових обмежень, що вносяться в модель СЗПБ (1), – (3) реконструкцією підприємства; q_p – кількісні параметри додаткових обмежень.

Далі вважаємо, що цільова функція (3) є стабільною, тобто не залежить від варіацій вектора зовнішніх умов $Y(t)$, але останній визначає зміни обмежень в моделі (1-2). Такі зміни можуть торкатися видів операторів нерівностей $h_s, s = \overline{1, S}$, і рівності $g_l, l = \overline{1, L}$, їх чисельних параметрів q_h, q_g і навіть числа обмежень S і L .

Іншими словами, модель (1) – (3) набуває вигляду:

$$x^0 = \arg \text{extr}_{x \in X} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_i k_i(x), \quad (4)$$

$$h_s(x, q_h, y, t) \leq 0, s = \overline{1, S(y)}, \quad (5)$$

$$g_l(x, q_g, y, t) = 0, l = \overline{1, L(y)}, \quad (6)$$

$$h_s = f_s(y); \quad g_l = f_l(y); \quad q_h = f_h(y); \quad q_g = f_g(y). \quad (7)$$

Застосовуючи реалізації математичної моделі (4) – (7), для кожного опорного рішення $x_j^0 \in X^0$ можна вчислити оцінку наслідків зміни поведінки екзогенних параметрів системи безпеки. Це дасть змогу синтез оптимальної структури системи безпеки промислового підприємства.

Висновки. Отже ми створили математичну модель системи забезпечення пожежної безпеки виробничого підприємства. Її використання дає можливість застосувати відомі оптимізаційні методи для отримання оптимальної структури СЗПБ і підвищення ефективності функціонування в умовах конкретного виробничого об'єкта.

Список літератури:

1. **Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році.** – Київ: “Чорнобильінтерінформ”, 2010. – 267 с.
2. **Whitt R.,** Report recommendations for improvement safety control systems / Whitt R., Ayral T. Baker // Oil Technology. Texas City, 2008. – № 3. – Р. 81 – 83.
3. **Брушлинский Н.Н.** Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы / Брушлинский Н.Н. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.
4. **Махутов Н.А.** Научно-методические подходы и разработка мер по обеспечению защищенности критически важных для национальной безопасности объектов инфраструктуры от угроз техногенного и природного характера// Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций – М.:ВИНИТИ. – 2004, вып. 1. – С.37-48.
5. **Чуб І.А., Федоренко М.П., Новожилова М.В.** Моделювання системи пожежної безпеки виробничого об'єкта // Науковий вісник будівництва. Харків:ХДТУБА. – 2005, вип. 33. –С. 216-219.
6. **Костров А.В.** Еще раз о риске: обсуждение продолжается // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях – М.:ВИНИТИ. – 2004, вып. 4. – С.160-162.
7. **Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник І.В.** “Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах”. Київ: “Техніка”. 2001 – 196 с.
8. **Чуб І.А., Федоренко М.П.** Оцінка якості стану системи безпеки промислового підприємства //Тез. доп. Міжнар. конф. „Технології захисту – 2006”. – Київ. – 2006. – С. 34-37.

М.Н. Козяр, И.А. Мовчан

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Получена математическая модель системы обеспечения пожарной безопасности производственного предприятия. Ее использование дает возможность применить известные оптимизационные методы для получения оптимальной структуры системы обеспечения пожарной безопасности и повышения эффективности функционирования в условиях конкретного производственного объекта. Система обеспечения пожарной безопасности включает все составляющие безопасности предприятия, а также функциональные подсистемы: профилактики; выявления пожара; оповещения и эвакуации; ликвидации пожара.

Ключевые слова: безопасность, модель, предприятие, структура, оптимизация.

М.М. Kozyar, I.O. Movchan

OPTIMIZATION OF FIRE SAFETY SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISE

The mathematical model of the system of fire safety provision to productive enterprise is obtained. Its usage gives an opportunity to apply the known optimization methods to receive an optimal structure of the system of fire safety provision and to increase efficiency of functioning in the conditions of definite productive object. The system of fire safety provision includes all constituents of enterprise safety and also functional subsystems: prevention; fire detection; notifications and evacuations; fire suppression.

Key words: safety, model, enterprise, structure, optimization.

