

# ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА (ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ) І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 004.94

**В.М.Рудницький**, д.т.н., проф.  
**В.Ю. Дендаренко**

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ

Черкаський державний технологічний університет, [gvn\\_2008@ukr.net](mailto:gvn_2008@ukr.net)  
Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України, [keniets@gmail.com](mailto:keniets@gmail.com)

*Розроблена модель процесу управління пожежною безпекою на заданій території на основі моніторингової інформаційної системи. Запропоновані показник ефективності профілактичних заходів та сформульована задача формування керуючих впливів*

**Ключові слова:** модель управління, регулятор, керуючий вплив, критерій, профілактика, пожежна безпека

**Вступ.** Ефективність планування та реалізації заходів із профілактики пожеж істотно залежить від достовірності та оперативності моніторингової інформації, на основі якої приймаються управлінські рішення. В процесі планування діяльності підрозділів МНС на окремій території використовується результати моніторингу стану пожежної безпеки на окремих її об'єктах. Разом з тим для прийняття рішень із управління станом пожежної безпеки на адміністративній території в цілому вимагається інтегральна оцінка впливовості факторів та прогнозування динаміки втрат під впливом планованих керуючих впливів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Планування дій підрозділів МНС ґрунтується на використанні результатів моделювання. В [1] описується процес моделювання розподілу ресурсів при гасінні пожежі.

Об'єктами моделювання в основному залишаються функціонування окремих пожежних підрозділів [2] та протипожежної служби в цілому [3]. Для їх моделювання найчастіше застосовуються системи масового обслуговування та інші імітаційні методи.

Окремі методи обробки та перетворення інформації поєднуються в системи підтримки прийняття рішень (СППР) [4]. СППР розробляються для керівників підрозділами пожежної охорони при гасінні пожеж [5].

«Фундаментальну роль» при розробці теорії складних систем відводиться принципу ієрархічності їх структури в [6]. Він є основним принципом системних досліджень [7].

В теорії ієрархічних багаторівневих систем [6] виділяються три основних види ієрархій: стратифікація, багат шаровість, багат ошелонність.

При необхідності відобразити рівні абстрагування в структурі системи застосовується стратифікація.

При проектуванні структур підсистем управління для відображення етапності прийняття рішень використовуються багат шарові структури. Результати декомпозиції процесу прийняття рішень подаються у вигляді ієрархічного поєднання більш простих задач, розв'язання яких дозволяє вирішити основну проблему прийняття управлінських рішень.

Однією із ефективних технологій формування та збереження знань шляхом реалізації алгоритмів ієрархічного перетворення вигляду інформації із відображенням горизонтальних зв'язків між елементами є пірамідальні мережі [8].

Модель об'єкта дослідження у вигляді ідентифікованої функціональної залежності  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  подається як піраміда, вершиною якої є модельований показник  $y$ , основа – множина вхідних даних  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ .

З метою реалізації стратегії багат етапного перетворення інформації «від загального до окремого» використовується методологія паралельно-ієрархічних перетворень [9].

В масиві вхідних даних виділяється кілька множин, які одночасно перетворюються на різних рівнях ієрархії паралельно поєднаних мереж. За рахунок використання горизонтальних зв'язків утворюється тривимірна структура для багат етапного перетворення вигляду інформації.

Однією з таких є технологія створення автоматизованих систем багат рівневого соціоекологічного моніторингу [10]. Технологія моніторингу створюється у вигляді автоматизованої системи

багаторівневого перетворення інформації, побудованої на ієрархічному поєднанні індуктивних моделей із періодичним калібруванням цих моделей за допомогою зовнішніх даних.

Наведені вище технології формування багаторівневих систем перетворення інформації призначені для відображення в структурі системи комплексної взаємодії зовнішніх та внутрішніх факторів та ґрунтуються на використанні основних елементів – багатопараметричних моделей об'єктів дослідження.

**Постановка завдання.** Таким чином існують достатньо потужні засоби проектування системи обробки та перетворення вигляду інформації, яка використовується особою, що приймає рішення (ОПР), в процесі планування діяльності підрозділів МНС на заданій території. Метою даної роботи є створення моделі управління пожежною безпекою на основі використання засобів обробки та перетворення вигляду інформації у вигляді моніторингової інформаційної системи (МІС)

**Розробка моделі процесу управління пожежною безпекою.** Функцію моніторингу та управління станом пожежної безпеки виконує державна служба пожежного нагляду. Вона забезпечує періодичний контроль нормативних показників, наповнення бази даних, їх обробку, та забезпечує приведення показників пожежної безпеки на об'єктах нагляду до вимог нормативних документів.

Подамо процес управління пожежною безпекою у вигляді класичної моделі теорії управління (рис. 1) [11].

Об'єктом управління є стан пожежної безпеки, показники якого містять чисельні характеристики нормативних показників стану об'єктів нагляду та характеристики втрат від пожеж та пов'язаних з ними подій.

Регулятор поєднує МІС, яка забезпечує інформацією процес формування керуючих впливів, та ОПР, яка формує керуючі впливи у вигляді плану профілактичних заходів та забезпечує їх реалізацію.

Оскільки зміна вхідних сигналів впливає на зміну керуючих впливів опосередковано через ОПР, досліджується розімкнута система управління.

Характеристики стану пожежної безпеки  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k, x_{k+1}, \dots, x_n\}$ , (1)

де  $x_1, x_2, \dots, x_k$  – спостережені характеристики нормативних показників стану об'єктів пожежної безпеки, що отримані внаслідок експертизи щодо пожежної безпеки і задаються нормативними документами та позначені в моделі множиною  $H = \{h_1, h_2, \dots, h_k\}$ ;

$x_{k+1}, \dots, x_n$  – показники втрат внаслідок надзвичайних ситуацій, та чисельні (2)

характеристики факторів, що впливають на техногенну безпеку,  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_r\}$ , де  $f_1, f_2, \dots, f_r$  – чисельні характеристики відомих чинників, що зумовлюють можливість виникнення та (або) розвитку пожежі на об'єкті та впливають на показники множини  $X$  та подаються на вхід регулятора системи управління.

Регулятор перетворює вхідну інформацію у вигляді масиву вхідних даних до вигляду множини характеристик впливовості показників

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_r, w_{r+1}, \dots, w_n\}, \quad (3)$$

де  $w_1, w_2, \dots, w_n$  – показники впливовості зовнішніх факторів та нормативних показників стану об'єкта та прогнозованих втрат від надзвичайних ситуацій. На основі цієї інформації формуються керуючі впливи

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}, \quad (4)$$

де  $v_1, v_2, \dots, v_m$  – перелік заходів із профілактики надзвичайних ситуацій.

**Модель регулятора.** Регулятор призначений забезпечувати бажаний характер роботи системи [11]. В інформаційній системі моніторингу пожежної безпеки свої функції він реалізує шляхом періодичного моніторингу стану пожежної безпеки за нормативними показниками та причин виникнення надзвичайних ситуацій, виявляє їх індивідуальну впливовість при їх комплексній дії та реалізує отриману інформацію при організації профілактичної діяльності даного підрозділу.

Структурна схема регулятора подана на рис. 2.

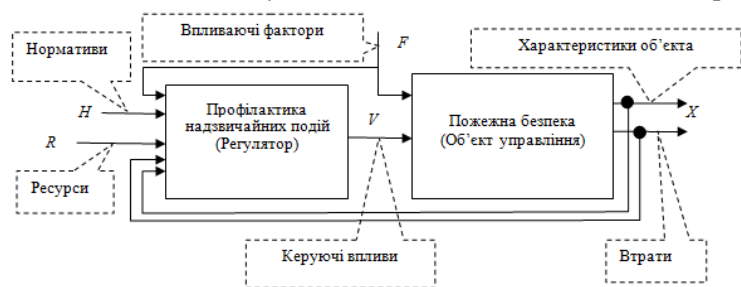


Рис. 1. Модель управління пожежною безпекою

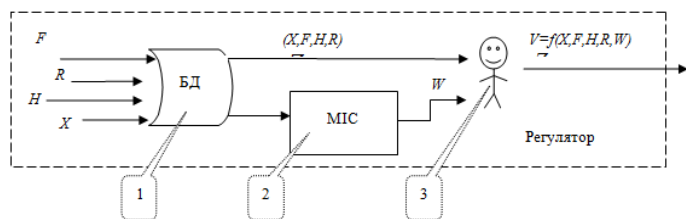


Рис. 2. Структура регулятора: 1 – база даних; 2 – моніторингова інформаційна система; 3 – особа, що приймає рішення (ОПР)

Туті вхідних та вихідних сигналів. На вхід бази даних подаються показники стану об'єкта управління та характеристики втрат з причин надзвичайних ситуацій  $X$ , відомості про ресурси  $R$ , значення нормативних показників пожежної безпеки  $Z$  та результати спостережень за впливаючими факторами  $F$ .

Моніторингова інформаційна система обробляє ці дані та перетворює інформацію із вигляду масиву вхідних даних, який містить чисельні характеристики елементів множин  $X$  та  $F$  до вигляду (3) характеристик впливовості  $W$  елементів масиву вхідних даних на характеристики втрат.

ОПР формує план профілактичних заходів на основі отриманої інформації про зміну впливовості факторів впродовж останнього періоду часу шляхом розподілу наявних ресурсів  $R$ , пропорційно чисельним значенням елементів множини  $W$ .

*Закон, на основі якого реалізується управління.* Управління пожежною безпекою реалізується шляхом застосування керуючих впливів – комплексу заходів, що поєднані в стратегії та мають на меті попередження загорянь та мінімізації втрат ресурсів. Елементи множини втрат  $\Psi \Psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_s\}$ .

утворюють підмножину показників стану пожежної безпеки  $X$ :  $\Psi \in X$ .

Кожен із елементів масиву  $\Psi$  може бути поданий у вигляді функціональної залежності:

$$\psi_i = f(X), i = \overline{1, s} \tag{6}$$

де  $X$  – характеристики стану пожежної безпеки підконтрольних об'єктів (показники масиву вхідних даних);  $s$  – кількість видів ресурсів.

При визначенні заходів із управління пожежною безпекою досягають цілей зниження витрат ресурсів, відповідно виразу:  $\psi_1(X, Y, \tau) \rightarrow \min_{X \in D}, \psi_2(X, Y, \tau) \rightarrow \min_{X \in D}, \dots, \psi_n(X, Y, \tau) \rightarrow \min_{X \in D}$ ,

де  $D$  – область допустимих значень показника,  $\tau$  – час усунення наслідків надзвичайної ситуації.

Задача управління пожежною безпекою розв'язується шляхом моделювання об'єкту управління для проектування регулятора. Метою моделювання об'єкта є отримання керуючої функції шляхом ідентифікації функціональної залежності  $y_i = y_i(X, F, Z, W, R), i = \overline{1, m}$

де  $R$  – множина характеристик видів ресурсів, що планується використати для реалізації профілактичного заходу.

В процесі формування плану профілактичних заходів розв'язується задача багатопараметричної оптимізації за рахунок зниження невизначеностей цілі [12]. Вона зводиться до розв'язку системи рівнянь:  $y_i(X, F, Z, W, R) - y_i(X, F, Z, W, R^0) = 0, i = \overline{1, m}$

де  $R^0$  – множина характеристик обсягів наявних ресурсів;  $Z$  – множина показників пожежної безпеки об'єктів наглядку, значення яких задаються нормативними документами.

Критерієм якості плану профілактичних заходів, або, іншими словами, цільовою функцією сформульованої задачі оптимізації є ефективність профілактичної роботи:  $E = \frac{\Omega}{\Psi}$ ,

де  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  – множина показників ефективності профілактичних заходів;  $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$  – множина показників користі профілактичних заходів;  $\Psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_s\}$  – множина показників витрат ресурсів на проведення профілактичних заходів;  $n$  – кількість контрольованих ресурсів, що втрачаються внаслідок надзвичайних ситуацій (пожеж);  $s$  – кількість видів ресурсів, що втрачаються під час реалізації плану профілактичних заходів.

Показник користі пропонується розраховувати як різницю втрат ресурсів з причини надзвичайних ситуацій, зокрема пожеж, впродовж наступного  $x_i^{(t+1)}$  проміжку часу та попереднього  $x_i^{(t)}$  за виразом (11):

$$\omega_i = x_i^{(t+1)} - x_i^{(t)}, i = \overline{k+1, n} \tag{11}$$

де  $\omega$  – показник користі профілактичного заходу за  $i$ -м втраченим ресурсом;  $x_i^{(t+1)}$  – показник втрат  $i$ -го ресурсу впродовж наступного проміжку часу  $t+1$ ;  $x_i^{(t)}$  – показник втрат  $i$ -го ресурсу впродовж попереднього проміжку часу  $t$ .

Показник ефективності профілактичних заходів  $e_i$  за окремим втраченим ресурсом розраховується за виразом:  $e_i = \frac{x_i^{(t+1)} - x_i^{(t)}}{\sum_{j=1}^s \psi_j}, i = \overline{1, n}$ ,

де  $\psi_j$  – показник витрати  $j$ -го ресурсу під час проведення профілактики впродовж минулого року.

Таким чином задача формування послідовності керуючих впливів у вигляді плану профілактичних заходів має наступне формулювання: «Серед рішень системи рівнянь (9) знайти такі значення нормативних показників стану пожежної безпеки об'єктів нагляду  $x_i$ ,  $i = \overline{1, k}$ , які при підстановці у цільову функцію (8) забезпечать її максимальне значення:

$$E = \max \sum_{i=1}^n e_i \quad (13)$$

Оскільки модель процесу управління пожежною безпекою запропонована у вигляді розімкнутої системи, то формування функціональної залежності (8) та розв'язування задачі багатопараметричної оптимізації покладається на ОПР, що формує план заходів із профілактики пожеж, і являє собою процедуру евристичну.

При цьому елементи множин  $X$  (характеристики стану об'єкта управління) та  $F$  (зовнішні впливи) визначаються із бази даних, яка формується шляхом безпосереднього нагляду за спорудами та іншими об'єктами а також реєстрації втрат внаслідок надзвичайних ситуацій. Елементи множини  $R$  (види та обсяг ресурсів, що виділяються на реалізацію профілактичних заходів) також нормовані.

### Висновки

Таки чином процес управління пожежною безпекою запропоновано подати у вигляді системи авторегулювання із розімкнутим зворотнім зв'язком. Функцію формування керуючих впливів виконує регулятор, який проектується у вигляді моніторингової інформаційної системи, що забезпечує особу, що приймає рішення, характеристиками впливовості зовнішніх факторів, та прогнозованими характеристиками втрат. МІС подається як система багаторівневого перетворення вигляду результатів моніторингу. Запропоновані показник ефективності профілактичних заходів та сформульована задача формування керуючих впливів.

### Список літературних джерел

1. Громовенко О.Л. Модель распределения сил и средств для выполнения боевых действий по ликвидации горения на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 4. – С. 42-46.
2. Брушлинский Н.Н., Соболев Н.Н., Лупанов С.А. Влияние фактора времени на интенсивность потока вызовов пожарных подразделений в городе // Проблемы пожарной безопасности объектов народного хозяйства и административно-территориальных единиц: Сб. научн. тр. – М.: ВНИИПО, 1988. – С. 9-16.
3. Теоретические основы организации и управления деятельностью противопожарной службы. Моделирование процесса ее функционирования / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алехин., Ю.И. Коломиец // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 1. – С. 3-15.
4. Моргун О.М. Комп'ютерна система оптимізації вибору маршрутів слідування аварійно-рятувальної техніки / О.М. Моргун, Л.О. Моргун // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ, 2008. – № 1.
5. Теоретико-игровые методы в системах поддержки принятия решений для руководителя тушения пожара [Электронный ресурс] / И.М. Тетерин // Технологии техносферной безопасности – 2008. – № 5.: Режим доступа к журн. : <http://ipb.mos.ru/ttb>.
6. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Тахакара. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
7. Блауберг И. В. Философский принцип системности и системный подход / И. В. Блауберг, В. М. Садовский, Б. Г. Юдин // Вопросы философии. – 1978. – № 8. – С. 39–52., С. 39–52
8. Гладун В.П. Планирование решений / В.П. Гладун. – Киев: Наук. думка, 1987. – 168 с.
9. Тимченко Л.И. Многоэтапная параллельно-иерархическая сеть как модель нейроподобной схемы вычислений // Кибернетика и системный анализ. – 2000. - №2. – С. 114-134.
10. Голуб С.В. Застосування агрегатного підходу до моделювання структури інформаційних технологій соціо-екологічного моніторингу / С.В. Голуб // Вісник інженерної академії України. – 2007. – № 3-4. – С. 93-97.
11. Сю Д. Современная теория автоматического управления и ее применение / Д. Сю, А. Майер. – М.: Машиностроение, 1972. – 544 с.
12. Згуровський М.З. Основи системного аналізу. / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова Н.Д. К.: Видавничка група ВНУ, 2007. – 544 с.