

УДК 004.2

ІМПУЛЬСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОПЛАНОВОГО ЗАХИСТУ ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ

О.О. Кряжич*, В.Д. Захматов**, Г.С. Глебчук**

* *Інститут проблем математичних машин і систем НАН України,*

** *Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України*

e-mail: economconsult@gmail.com

В Україні усього функціонує 1810 об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше 283 тис. т. сильнодіючих отруйних речовин. Всього у зонах можливого хімічного ураження від цих об'єктів мешкає близько 22 млн. чол. При цьому знос основних виробничих фондів хімічних підприємств в Україні складає в середньому 70,9%, що значно підвищує вірогідність виникнення аварійної ситуації. Зазначені аспекти стану хімічної галузі в Україні приводять до розуміння нагальної потреби в модернізації системи вибухопожежного захисту підприємства, щоб привести її у відповідність до реальних потреб хімічного об'єкта.

Безпеку хімічного підприємства можна забезпечити за допомогою провадження імпульсних засобів багатопланового захисту. Ці засоби значно підвищують ефективність гасіння та скорочують час реагування на подію за наступними параметрами:

- витрати вогнегасної суміші (ВС) або води значно менші, ніж у традиційної техніки;
- масштаб ефективного впливу за допомогою одного модуля або вогнегасника вище до 100 разів, що скорочує час гасіння до 50 разів;
- дальність дії вище в 3-10 разів, висока надійність і стабільність роботи в широкому діапазоні температур від -60°C до +60°C, погодних і кліматичних умов;
- уперше реалізується гнучко кероване, ефективне розпилення будь-яких рідких, гелеподібних і порошкових вогнегасних сумішей, а також уперше - ґрунту, піску, води, бруду, пилу, промислових пилових і порошкових відходів без додаткової підготовки й змін конструкції;
- уперше з однієї установки, системи або машини здійснюється комбіноване гасіння або захист;
- низька собівартість виробництва й сервісного обслуговування, легкість навчання та перекваліфікації персоналу для роботи з такими системами;
- високий ступінь безпеки роботи, що складається з 10-ти кратного запасу міцності щодо невеликих ємностей високого тиску імпульсних розпилювальних систем, виводу персоналу, пожежних і рятувальників з небезпечної зони [1].

Проте ефективність моделі використання імпульсних засобів багатопланового захисту загалом залежить від умов невизначеності інформації, яка циркулює в системі управління. Інформаційна модель підтримки прийняття рішень в системі імпульсного вибухопожежного захисту хімічних підприємств повинна відбивати умови різних видів, зокрема: невизначеності ситуації, невизначеності впливу окремих факторів на розвиток ситуації, невизначеності стану засобів протиаварійного захисту на підприємстві чи у його підрозділах.

Такі умови можуть виникнути при таких надзвичайних подіях, як падіння літака на хімічний об'єкт, терористичний акт, стихійне лихо. Тож інформаційна модель імпульсного багатопланового захисту повинна використовувати наряду з формалізованими неформалізовані процедури, які включають досвід, знання, інтуїцію, передбачення.

Для системи імпульсного багатопланового захисту на хімічному підприємстві такі процедури будуть однотипними за формальним визначенням, але різні за структурною

реалізацією. Кожен підрозділ підприємства буде з врахуванням особливостей свого технологічного процесу формувати свій вектор-функцію на базі власного визначення цілей та стратегій дій, що визначено в планах ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС). Зазначену системну невизначеність слід розкрити і представити у вигляді визначених факторів, які можна представити у формальному вигляді для застосування у моделі. У цьому випадку сприятливою умовою є незалежність впливу факторів, що досліджуються, умов та обмежень. Така ситуація може бути представлена у вигляді цільових функцій:

$$\begin{aligned} f_{1i1} &= f_{11i1}(x_1) + f_{12i1}(\xi_2) + f_{13i1}(\alpha_1), i_1 = \overline{1, m_1}, \\ f_{2i2} &= f_{21i2}(\xi_1) + f_{22i2}(x_2) + f_{23i2}(\alpha_2), i_2 = \overline{1, m_2}, \end{aligned} \quad (1)$$

де f_{1i1} – цільова функція першого підрозділу; f_{2i2} – цільова функція другого підрозділу; f з індексами 11-13 та 21-23 – складові функції; x – вектор зміни складових функцій; i – компонента мети; α – вектор характеристики ситуації, що відбувається; m – загальна кількість факторів, що описують ситуацію.

Тобто, для першої функції складові описують i_1 компоненту мети як функцію від вектора x_1 , який змінюється в окремому підрозділі хімічного підприємства; другим компонентом є прогнозована функція вектора дії іншого підрозділу того ж підприємства, третя компонента описує ситуацію, яка залежить від вектора α , який кількісно характеризує ситуацію. Аналогічний опис і для іншої наведеної функції [2].

Слід також відзначити роль одного підрозділу відносно інших, враховуючи невизначеність, неповноту та недостовірність інформації про дії інших підрозділів. Але для умов вибухопожежної ситуації цілі всіх підрозділів взаємозалежні і описуються мультиплікативними функціями:

$$\begin{aligned} [1 + f_{1i1}(x_1; \xi_2; \alpha_1)] &= [1 + f_{11i1}(x_1)]^{\gamma_{11i1}} \cdot [1 + f_{12i1}(\xi_2)]^{\gamma_{12i1}} \cdot [1 + f_{13i1}(\alpha_1)]^{\gamma_{13i1}}, i_1 = \overline{1, m}, \\ f_{1i1}(x_1; \xi_2; \alpha_1) &= \{[1 + f_{11i1}(x_1)]^{\gamma_{11i1}} \cdot [1 + f_{12i1}(\xi_2)]^{\gamma_{12i1}} \cdot [1 + f_{13i1}(\alpha_1)]^{\gamma_{13i1}} - 1\}, i_1 = \overline{1, m_1}, \end{aligned} \quad (2)$$

де x, ξ – аргументи, що позначають вирішення непов'язаних задач; γ – параметри події, що відбувається.

Маючи на увазі, що за своїм фізичним розумінням функції (f), аргументи (x, ξ) і параметри (γ), які входять у співвідношення (2), в якому α – вектор, задовольняють умови:

$$\begin{aligned} f_{1i1}(x_1; \xi_2; \alpha_1) &\geq 0; f_{11i1}(x_1) \geq 0; x_1 = (x_{1j1}) | x_{1j1} \geq 0; j_1 = \overline{1, n_{1j1}}, \\ \xi_2 &= (x_{2j2}) | \xi_{2j2} \geq 0; j_2 = \overline{1, n_{2j2}}; \alpha_1 = (\alpha_{1k1}) | \alpha_{1k1} \geq 0; k_1 = \overline{1, k_{01}}, \\ \gamma_{11} &= (\gamma_{11i1}) | \gamma_{11i1} \geq 0; i_1 = \overline{1, m_1}; \gamma_{12} = (\gamma_{12i1}) | \gamma_{12i1} \geq 0; i_1 = \overline{1, m_1}, \\ \gamma_{13} &= (\gamma_{13i1}) | \gamma_{13i1} \geq 0; i_1 = \overline{1, m_1}; \gamma_{11i1} \in \gamma_{11}; \gamma_{12i1} \in \gamma_{12}; \gamma_{13i1} \in \gamma_{13}, \end{aligned} \quad (3)$$

вираз (2.2) можна представити у аддитивній формі за алгоритмом [2]:

$$f_{1i1}(x_1; \xi_2; \alpha_1) = \exp\{\gamma_{11i1} \ln[1 + f_{11i1}(x_1)] + \gamma_{12i1} \ln[1 + f_{12i1}(\xi_2)] + \gamma_{13i1} \ln[1 + f_{13i1}(\alpha_1)]\} - 1 \quad (4)$$

Тобто, будь-які мультиплікативні функції можна привести до аддитивного представлення і розкрити системну невизначеність, яка є основною проблемою існуючих моделей, що примушує на перших етапах ліквідації аварійної ситуації застосовувати типові моделі, далекі від існуючої ситуації [2].

Як правило, враховуючи сучасний критичний матеріально-технічний стан хімічних підприємств, особи, що приймають рішення на підприємстві відчують потребу в модернізації системи управління вибухопожежною безпекою підприємства, але нездатність адекватно сформулювати завдання на таку модернізацію примушує спиратися на вже існуючі підходи, норми і нормативи старих систем, що діють у теперішніх умовах і є головною перешкодою на шляху до ефективного управління новими імпульсними засобами вибухопожежної безпеки. Щоб запобігти цьому, необхідно визначитися з системою показників для аналізу відповідності моделі управління конкретній події у деякий момент часу.

Для визначення відповідності моделі у зазначений момент часу з виконання виробничого завдання з визначеним рівнем ризику та врахування ресурсу припустимого ризику, що забезпечували б можливість переходу від нештатного режиму до штатного з недопущенням розвитку катастрофи, можна використати підхід до аналізу складних технічних систем [2].

Функціонування складної системи характеризується описом ситуацій, які показують стан системи, наприклад, $S_1, S_2, \dots, S_n$, де кожен стан S_n заданий конкретними показниками процесів функціонування системи (Y_n, X_n, U_n) , впливом зовнішнього середовища та факторів ризику Ξ_k , при цьому значення показника в момент часу $T_n \in T^\pm$ визначають відповідні відношення за кожним з показників:

$$S_n = \{(Y_n \in Y) \wedge (X_n \in X) \wedge (U_n \in U) \wedge (\Xi_n \in \Xi)\}, \quad (5)$$

де Y – множина зовнішніх параметрів Y_i , яка утримує всі показники якісного функціонування системи, у тому числі – безпечного функціонування; X – множина внутрішніх параметрів X_j , до складу якої входять конструктивні, технологічні та інші показники; U – множина керуючих параметрів U_q ; Ξ – множина параметрів впливу оточуючого середовища Ξ_p та факторів ризику; $\mathcal{K}[T_s], \mathcal{K}[T_s], \mathcal{U}[T_s], \mathcal{E}[T_s]$ – множина значень відповідних параметрів в час T_s ; $T^\pm$ – заданий або прогнозований період функціонування підприємства.

Хімічне підприємство, як складна система, має керований режим функціонування $\widetilde{R}_{tr}^+$, який обумовлений множиною керуючих параметрів U_{tr} системи управління безпекою, які протягом періоду $\widetilde{T}_{tr}^\pm$ призводять до переходу нештатного режиму R_{os} до штатного режиму R_{sd} . Тобто режим $\widetilde{R}_{tr}^+$ можна охарактеризувати відомим функціоналом:

$$\widetilde{R}_{tr}^+ : R_{os} \xrightarrow{U_{tr}} R_{sd}, \quad (6)$$

який визначає процес переходу режиму за межами регламенту до режиму, обумовленого регламентом, під впливом системи управління за конкретною моделлю.

Крім дослідження загальносистемних вимог до підприємства, яке розглядається як складна система, потрібно висунути системні вимоги саме до процесу управління імпульсною вибухопожежною безпекою. Загальною тенденцією для формування таких вимог є зменшення невизначеності інформації в системі управління імпульсною вибухопожежною безпекою завдяки управлінню вибухопожежною безпекою в реальному часі, а також повноті і несуперечності інформації про вибухопожежний стан об'єкта.

Ситуація відносно надзвичайної події, якими є вибух або пожежа, може виступати також як невизначена, а властивості нової імпульсної техніки вибухопожежного захисту дозволяють застосовувати цю техніку і за умови стану «ні, але можливо». У цьому випадку, як зазначалося, відповідність моделі відносно комплексності може бути представлене за правилами тризначної логіки за функціями заперечення, кон'юнкції або диз'юнкції [3]. Для цього сукупність даних інформаційної моделі хімічного підприємства можна викласти у вигляді:

- ресурсної функції забезпечення вибухопожежного захисту $f(x_0, x_1, x_n)$;
- функції імпульсних технологій $f(y_0, y_1, y_0)$;
- функції, що описує поле рішень відносно забезпечення імпульсного вибухопожежного захисту на хімічному підприємстві $f(z_0, z_1, z_0)$.

Зазначені функції алгебри логіки можна записати використовуючи функцію Вебба з визначенням повноти інформаційної моделі в досліджуваному класі подій за теоремою Поста-Яблонського.

Так, для ресурсної функції це буде виглядати як

$$f(x_0, x_1, x_n) = x_0 \vee \overline{x_1 x_1}, \quad (7)$$

а використовуючи послідовно співвідношення:

$$\begin{aligned} \overline{x_0} &= x_0 \downarrow x_0; \quad x_0 x_1 = x_0 \downarrow x_1 \text{ и } x_0 \vee x_1 = \overline{x_0 \downarrow x_1}, \\ \overline{x_0} &= x_0 \downarrow x_0; \quad x_0 x_1 = x_0 \downarrow x_1 \text{ и } x_0 \vee x_1 = \overline{x_0 \downarrow x_1}, \end{aligned}$$

отримуємо:

$$\begin{aligned} f(x_0, x_1, x_n) &= x_0 \vee (\overline{x_1 \downarrow x_1}) = \overline{x_0 \downarrow (\overline{x_1 \downarrow x_n})} = \\ &= \{x_0 \downarrow [(x_1 \downarrow x_1) \downarrow x_n]\} \downarrow \{x_0 \downarrow [(x_1 \downarrow x_1) \downarrow x_n]\} \end{aligned} \quad (8)$$

Для того, щоб система функцій $f(x_0, x_1, x_n)$ була повною, необхідно і достатньо за теоремою Поста-Яблонського, щоб вона утримувала: функцію, яка не зберігає константу 0; яка не зберігає константу 1; яка не є самодвійстою; яка не є лінійною; яка не є монотонною. На підставах критерію повноти можна стверджувати, що досліджувана система є повною. Для функцій імпульсних технологій та функцій, що описує поле рішень персоналу відносно забезпечення імпульсного вибухопожежного захисту записи будуть аналогічними [4].

Зазначену ресурсну та інші функції, можна представити у вигляді наступної диз'юнкції: $f(x_0, x_1, x_n) = x_0 x_1 x_n \vee x_0 x_n \vee x_0 x_1 x_n$.

Згідно матриці інцидентності, багаторядний алгоритм самоорганізації моделей буде складатися з підмножини елементів: $\{x_0, \overline{x_0}\}; \{x_0, x_1\}; \{x_0, x_n\}; \{x_1, x_n\}; \{x_n, \overline{x_n}\}$.

Проведення розщеплення елементів та повторення підмножин між ярусами призводить до зростання потужності кінцевої множини:

- для ресурсної функції $X_0 \cup X_1 \cup X_n$;
- для функції, що описує систему вибухопожежного захисту підприємства в цілому $X_n \cup Y_n \cup Z_n$.

Потужність кінцевої множини можна пояснити виникненнями синергетичного ефекту. Мовою тризначної логіки це може бути виражене у вигляді запису:

$$f(x, y, z) \Rightarrow x \oplus y \oplus z = x \otimes y \otimes z. \quad (9)$$

Таким чином, все зазначене доводить необхідність проведення детального аналізу складної системи, який повинен врахувати відносини підприємства із навколишнім середовищем та із своїми складовими: ресурсами, інфраструктурою та регламентом підприємства та системи вибухопожежного захисту. Системний підхід примушує розглядати складну систему з позиції процесу управління і, зокрема, з позиції забезпечення надійного вибухопожежного захисту при виконанні виробничого завдання, враховуючи вимоги оточуючого середовища до збереження екологічного балансу. Саме такий підхід дозволить мінімізувати вплив проблемних питань в процесі побудови моделей управління.

Список літератури

1. Захматов В.Д. Фукусима – новый Чернобыль, а ошибки старые. Актуальность чернобыльских разработок // Пожарная безопасность в строительстве. - №2 – 2011. – С. 52-61.
2. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Системний аналіз. Проблеми, методологія застосування. – К.: «Наукова думка», - 2011. – 728 с.
3. Владимиров Д.А. Булевы алгебры / Владимиров Д.А. – М.: Наука, 1969. – 318 с.
4. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера / Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.