

*Д.В. Тарадуда, к.т.н., заст. нач. кафедри, НУЦЗУ,
Д.Л. Соколов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
А. Самберг, голова місії в Україні, TIEMS*

**ЩОДО РОЗРОБКИ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ
ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**
(представлено д.т.н. Куценком Л.М.)

Проведено аналіз проблеми забезпечення техногенної безпеки промислових об'єктів у країнах пострадянського простору та деяких більш розвинутих країнах світу. На основі проведеного аналізу запропоновано підходи до розробки моделі управління регіональним рівнем техногенної безпеки та попередження надзвичайних ситуацій на ПНО з метою розробки науково обґрунтованого підґрунтя для створення механізмів підтримки прийняття рішень з розвитку системи управління регіональним рівнем техногенної безпеки на ПНО в регіонах України.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, потенційно небезпечний об'єкт, техногенна безпека, управління безпекою.

Постановка проблеми. Втручаючись в природу, людство сформувало надзвичайно складну систему, закономірності розвитку якої не достатньою мірою вивчені. Руйнівний потенціал великих техногенних катастроф сьогодні можна порівняти із загрозою військово-політичних катаклізмів. Тільки у галузі енергетики у світі щорічно добувається, зберігається і переробляється близько 10 млрд. т палива, маса порівнянна з арсеналом ядерної зброї [1]. Небезпечні хімічні речовини використовуються в кількостях, що вимірюються від сотень мільярдів до трильйонів летальних доз, що на один два порядки вище накопичених радіоактивних речовин в тих же одиницях виміру [2]. Найбільші надзвичайні ситуації, що викликали значні жертви, супроводжувалися евакуацією людей та призвели до значного забруднення довкілля, сталися впродовж останніх трьох десятиліть.

Лише в Україні, відповідно до офіційних даних, впродовж 2017 року зареєстровано 166 надзвичайних ситуацій (далі – НС), з яких 50 – техногенного характеру [3]. Основні причини їх переважної більшості обумовлені незадовільним технічним станом обладнання на потенційно небезпечних об'єктах (далі – ПНО), порушенням технологічної та виробничої дисципліни, незадовільною організацією та проведенням небезпечних видів робіт, непрацездатністю засобів автоматизації, зниженням кваліфікації обслуговуючого персоналу [4-7].

Таким чином, ситуація, що склалася у сфері забезпечення техногенної безпеки вимагає зміни підходів до питань управління, застосування системності при прийнятті рішень з попередження НС. Тому проблема управління рівнем техногенної безпеки ПНО і надійного захисту населення від НС техногенного характеру на сьогодні є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема забезпечення техногенної безпеки промислових об'єктів в цілому та ПНО зокрема знайшла висвітлення у наукових працях як зарубіжних вчених [1-4, 7, 8, 11-15, 18], так і вітчизняних дослідників [5, 6, 9, 10, 16, 17]. Основною тенденцією у вдосконаленні підходів до забезпечення техногенної безпеки в країнах пострадянського простору, є перехід від чисто контрольної (наглядової) діяльності за додержанням конкретних вимог безпеки до регулюючих методів державного нагляду, заснованих на оновленій, науково обґрунтованій нормативно-правовій базі [8-11]. Слід зазначити, що ефективність регулюючих методів державного нагляду багато в чому визначається моделями та механізмами, що використовуються при управлінні техногенною безпекою.

Сучасний нагляд повинен базуватися на управлінні системами забезпечення техногенної безпеки, використовуючи більшою мірою аналітичні методи оцінки стану безпеки на об'єктах. Такий підхід використовується в більшості індустріально розвинених країн, таких як Великобританія, США, Норвегія та інших [1, 12-15]. Відмінною особливістю західної системи нагляду є практично повне покладання відповідальності за дотримання вимог безпеки на компанію, що дозволяє більш повно залучати до вирішення проблем техногенної безпеки її засоби і кадровий потенціал, розвивати мотиваційну складову виконання норм безпеки.

Постановка завдання та його вирішення. Вирішення поставленої проблеми, а саме розробка ефективної системи управління техногенною безпекою ПНО можливе за умови вирішення наступних завдань:

- вдосконалення системи науково обґрунтованого нормативного забезпечення, перенесення акценту зі встановлення конкретних технічних вимог техногенної безпеки на встановлення орієнтованого нормування організаційно-технічних критеріїв управління;
- навчання особового складу інспектуючих органів, у тому числі і ДСНС України, новим методам ведення нагляду;
- розробка сучасних підходів до управління техногенною безпекою, включаючи створення систем внутрішнього контролю в організаціях, що експлуатують потенційно небезпечні об'єкти.

Вирішення поставлених завдань забезпечується шляхом застосування як відповідних організаційно-технічних, так і економічних механізмів [16-18]. Ці механізми повинні бути спрямовані, з одного боку, на підтримку певного рівня техногенної безпеки, а з іншого не повинні

перешкоджати економічному розвитку об'єкта. Також необхідно враховувати наступну умову, чим вищий збиток та імовірність виникнення надзвичайної ситуації, тим більша величина економічного ефекту від її попередження.

У зв'язку з вищенаведеним, метою роботи є формулювання основних підходів до розробки моделі управління регіональним рівнем техногенної безпеки та попередження надзвичайних ситуацій, яка б стала науковим підґрунтям ефективної системи управління регіональним рівнем техногенної безпеки ПНО.

Розглянемо детально підхід до розробки, механізми, принципи та підґрунтя такої моделі. Позначимо через n число ПНО у регіоні, e_i – рівень ефективності системи управління регіональним рівнем техногенної безпеки (далі – системи управління) на об'єкті i . Рівень ефективності – це комплексний показник, що характеризує діючу на об'єкті систему управління. Кожному значенню e_i відповідають певні нормативні вимоги до системи управління, відповідність яким можна проконтролювати.

Уведемо дискретну шкалу рівнів ефективності системи управління, наприклад від 0 до 3. Нуль відповідає фактичній відсутності системи управління техногенною безпекою на об'єкті (є лише інструкції з техніки безпеки й охорони праці), 3 відповідає система управління, що задовольняє міжнародним стандартам. При числі ПНО у регіоні рівному n регіональний рівень техногенної безпеки може приймати значення від 0 до $3n$. Стратегія контролюючого органа полягає у встановленні проміжних рівнів ефективності системи управління на кожному об'єкті, причому таких рівнів, які реально можуть бути забезпечені на об'єктах контролю за розглянутий період часу. Поступово підвищуючи вимоги до рівня системи управління, контролюючий орган зможе забезпечити перехід об'єкта на необхідний рівень системи управління і тим самим забезпечити необхідний рівень техногенної безпеки у регіоні. Інформація про витрати на досягнення тих або інших значень рівня техногенної безпеки представляється об'єктами як складова частина інформації про стан ефективності системи управління на об'єкті. Для забезпечення вірогідності отриманої інформації вводиться механізм інспекцій (контрольних перевірок) стану системи управління на об'єкті, що включає систему санкцій (штрафи, припинення діяльності об'єкта), якщо звітні дані не відповідають фактичному стану справ. Таким чином, запропонований підхід підвищення рівня техногенної безпеки припускає рішення трьох основних завдань:

- визначення механізму підвищення регіонального рівня техногенної безпеки;
- визначення оптимальних рівнів техногенної безпеки об'єктів регіону;

– визначення системи санкцій (механізмів), що забезпечують підтримання керівництвом об'єкту визначених рівнів техногенної безпеки.

Для рішення першого завдання пропонується наступна мережева модель (рис. 1). Нехай існуючий рівень техногенної безпеки регіону дорівнює R_0 , і поставлене завдання розробити механізм підвищення цього рівня за T періодів до величини R_T . (Прийmemo для визначеності, що $R_0 = 0$). Визначимо мережу, що складається з початкової вершини x_0 , кінцевої вершини x_T і $(T-1)$ шарів, кожен з яких містить (R_T+1) вершин. Початкова вершина з'єднана дугами з усіма вершинами першого шару. Позначимо (i,t) вершину t -го шару, якій відповідає регіональний рівень i ($i = 0 \div R_T$). З кожної вершини (i,t) , де $t < T-1$, ідуть дуги у вершини $(j,t+1)$, такі що $j \geq i$. Це відповідає тому, що рівень техногенної безпеки регіону від періоду до періоду не зменшується (або підвищується, або залишається незмінним). Кожна вершина $(i,T-1)$ з'єднана дугою з кінцевою вершиною x_T .

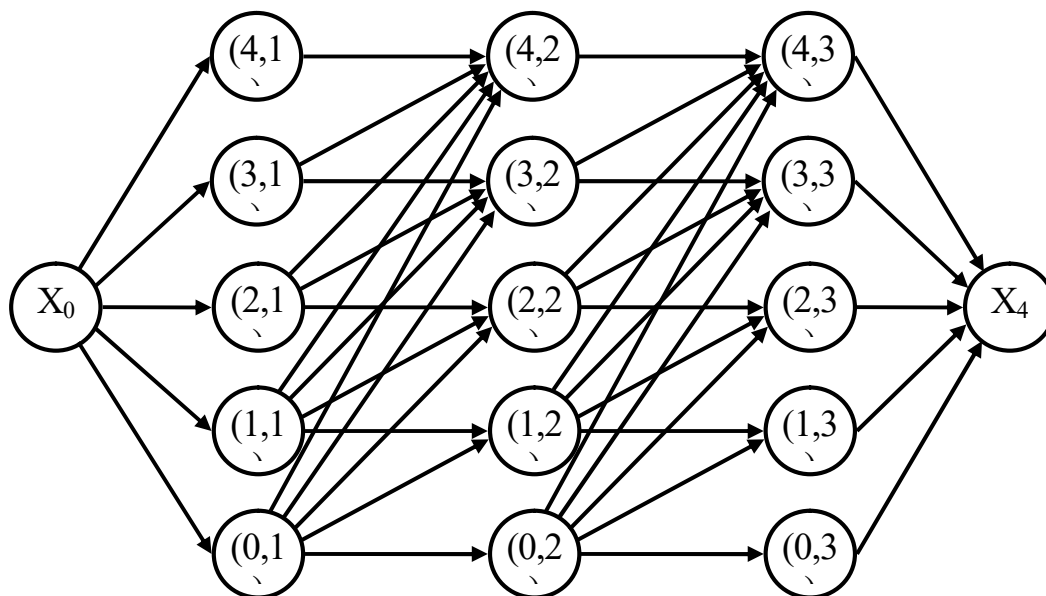


Рис. 1. Приклад мережевої моделі для випадку $T = 4$, $R_T = 4$

Як видно з моделі, будь-який шлях у мережі, що з'єднує початкову вершину з кінцевою, визначає деякий механізм підвищення регіонального рівня техногенної безпеки. Так, шляху $[x_0, (2,1), (2,2), (3,3), x_4]$ відповідає механізм $(0, 2, 2, 3, 4)$, відповідно до якого до кінця першого періоду забезпечується регіональний рівень техногенної безпеки рівний $R_1 = 2$, до кінця другого періоду цей рівень зберігається колишнім ($R_2 = 2$), до кінця третього періоду підвищується до $R_3 = 3$, а до кінця четвертого періоду регіональний рівень техногенної безпеки підвищується до необхідної величини $R_4 = 4$. Вірно й зворотне, будь-якому механізму підвищення регіонального рівня техногенної безпеки

відповідає деякий шлях у мережі можливих механізмів, що з'єднує початкову вершину з кінцевою.

Для вирішення другого завдання, а саме визначення нормативних рівнів техногенної безпеки об'єктів регіону, позначимо через y_i – рівень техногенної безпеки i -го об'єкта, x_i – рівень ризику виникнення надзвичайної ситуації (ризик НС) на цьому об'єкті, причому $x_i + y_i = 1$ (100%).

Позначимо далі через $Y(X)$ рівень техногенної безпеки (ризiku НС) регіону. Прийmemo, що рівень техногенної безпеки (ризiku НС) регіону дорівнює сумі рівнів техногенної безпеки (ризiku НС) на ПНО.

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad X = \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1)$$

Вибір такого простого виразу для інтегральної оцінки рівня техногенної безпеки (ризiku НС) дозволяє полегшити математичні розрахунки й сконцентрувати увагу на аналізі поведінки об'єктів контролю при дії тих або інших економічних механізмів. Забезпечення рівня y_i вимагає від об'єкту певних затрат

$$z_i = \varphi_i(y_i), \quad (2)$$

де φ_i – зростаюча функція y_i .

Ці затрати включають у себе дві складові. Перша пов'язана з переходом на новий рівень безпеки (зміна технології на більш безпечну, закупівля більш сучасних систем контролю, навчання персоналу й ін.), а друга – з підтримкою цього рівня протягом розглянутого періоду часу t (підвищення витрат при застосуванні нової більш безпечної технології, витрати на обслуговування систем контролю й ін.). Очевидно, що витрати на зниження ризику НС погіршують фінансове становище об'єкта контролю.

В умовах крайнього дефіциту засобів і важкого економічного становища багатьох вітчизняних підприємств малоймовірно, що загроза можливого виникнення надзвичайної ситуації змусить керівництво об'єкта витратити обмежені ресурси на зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій. Це підтверджується й існуючою практикою.

Тому виникає необхідність у механізмах прямого впливу рівня техногенної безпеки (ризiku НС) на економіку об'єкта контролю таким чином, щоб зниження ризику НС забезпечувало об'єкту економічний ефект у розглянутому періоді часу.

Розглянемо один з таких механізмів, а саме лінійний механізм плати за ризик

$$S = \lambda x = \lambda(1 - y). \quad (3)$$

У цьому випадку при проведенні заходів, що забезпечують рівень техногенної безпеки y , об'єкт одержує економічний ефект (прибуток) у розмірі

$$f(y) = \lambda(y - y_0) - \varphi(y - y_0) = \lambda(x_0 - x) - \varphi(x_0 - x), \quad (4)$$

де $y_0(x_0)$ – існуючий рівень техногенної безпеки (ризик) НС).

Для вирішення завдання необхідно знати, який рівень техногенної безпеки (ризик) НС економічно вигідний для об'єкта.

Оптимальний рівень техногенної безпеки визначається з умови максимуму наступної величини

$$\lambda(y - y_0) - (1 + \alpha) \times \varphi(y - y_0), \quad (5)$$

де α – рентабельність заходів щодо підвищення економічної ефективності виробництва. Тобто на об'єкті підвищуватимуть рівень техногенної безпеки доти, поки це буде давати економічний ефект (у вигляді зниження плати за ризик) не менший, ніж заходу щодо підвищення ефективності виробництва.

Надалі для спрощення запису приймемо початковий рівень техногенної безпеки $y_0=0$, а функцію $(1-\alpha) \cdot \varphi(y-y_0)$ будемо позначати як $\varphi(y)$.

Для вирішення третього завдання, а саме визначення системи санкцій, що забезпечують підтримання керівництвом об'єкту визначених рівнів техногенної безпеки, введемо поняття механізму обмеження ризику (квот). У процесі функціонування для будь-якого ПНО установлюються певні норми, нормативи, квоти, що визначають вимогу до рівня техногенної безпеки, порушення яких веде до економічних санкцій (від штрафів до зупинки виробництва й ін.). Відповідні стандарти стосуються, у першу чергу, технологій виробництва, що застосовуються на відповідному ПНО, організаційно-технічних заходів щодо забезпечення техногенної безпеки виробництва. Норми й нормативи обмежують, як правило, гранично припустимі концентрації або викиди в атмосферу чи скидання у гідросферу.

Позначимо w – установлену квоту на рівень техногенної безпеки виробництва. У найпростішому випадку функція штрафів за порушення квоти має вигляд

$$\chi(y, w) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } y \geq w \\ \alpha(w - y), & \text{якщо } y < w \end{cases} \quad (6)$$

Отже, завдання визначення оптимальної моделі управління регіональним рівнем техногенної безпеки та попередження НС на ПНО полягає у визначенні механізму підвищення регіонального рівня техногенної безпеки, розрахунку та аналізі виразів (1) – (4), досягненні максимуму умови (5) та врахуванні обмеження (6).

Проведене дослідження є розвитком і продовженням роботи [18], в якій описана трирівнева модель управління промисловою безпекою на основі розвитку систем її управління (управління промисловою безпекою). Однак, на відмінну від попереднього дослідження, запропонований в даній роботі підхід до розробки моделі управління регіональним рівнем техногенної безпеки та попередження надзвичайних ситуацій на ПНО дозволяє вирішити три основні завдання забезпечення техногенної безпеки:

- визначення механізму підвищення регіонального рівня техногенної безпеки;
- визначення оптимальних рівнів техногенної безпеки об'єктів регіону;
- визначення системи санкцій (механізмів), що забезпечують підтримання керівництвом об'єкту визначених рівнів техногенної безпеки.

Висновки. Таким чином, описані в роботі підходи до розробки моделі управління регіональним рівнем техногенної безпеки та попередження надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах можуть стати науково обґрунтованою основою для розробки механізмів підтримки прийняття рішень з розвитку системи управління регіональним рівнем техногенної безпеки на потенційно небезпечних об'єктах в регіонах України. Доцільним є продовження досліджень в цій сфері як в напрямку більш точних оцінок ефективності пропонованої моделі, так і розробки та аналізу нових механізмів. Також, актуальним є проведення подальших досліджень із застосування описаних підходів до розробки моделей в системах забезпечення екологічної безпеки і охорони навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Andersena Siri. Risk analysis and risk management approaches applied to the petroleum industry and their applicability to IO concepts / Siri Andersena, Bodil Aamnes Mostueb // Safety Science. – Trondheim: Norwegian University of Science and Technology (NTNU), December 2012. – Volume 50, Issue 10. – P. 2010-2019.

2. Малышев В.П. Угрозы в высокотехнологичном обществе и пути их преодоления / В.П. Малышев // Научный журнал «Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования». – М.: ЦСИГЗ МЧС РФ, 2011. – Том 1, №1 (1). – С. 27-42.

3. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення надзвичайних ситуацій в Україні у 2017 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної служби України з надзвичайних ситуацій. – Електрон. дан. – 2018. – Режим доступу: www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/72899.html.

4. Кунин П.П. Безопасность технологических процессов и производств / П.П. Кунин, В.Л. Лапин. – М.: Высш. школа, 2002. – 327 с.
5. Тарадуда Д.В. Аналіз методологічної бази з оцінки ризику виникнення аварії на потенційно небезпечних об'єктах / Р.І. Шевченко, Д.В. Тарадуда, В.В. Палюх // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 16. – С. 138-148. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOf-Emergencies/vol16/shevchenko.pdf>.
6. Ілляшенко І.О. Потенційно небезпечні об'єкти як джерела екологічної небезпеки [Електронний ресурс] Офіційний сайт «Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка». – Електрон. дан. – 2013. – Режим доступу: <http://www.m.nayka.com.ua/?op=1&j=efektyvnaekonomika&s=ua&z=1645>.
7. Dekker Sidney W.S. Ten questions about human error: A new view of human factors and system safety / Sidney W.S. Dekker. – London: Lawrence Erlbaum Associates (Publishers), 2005. – 213 p.
8. Порфирьев Б.Н. Государственное управление в чрезвычайных ситуациях: анализ методологии и проблемы организации / Б.Н. Порфирьев. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
9. Лифар В.О. Моделі надзвичайних ситуацій та метод оцінки техногенного ризику в автоматизованій системі забезпечення безпеки виробництва: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Лифар Володимир Олексійович. – Х., 2007. – 278 с.
10. Соловей В.В. Анализ и оценка риска аварий – основа принятия решений при управлении промышленной безопасностью / В.В. Соловей, О.В. Давидюк, Ю.В. Буц // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. – № 4. – С. 219-231.
11. Бурков В.Н. Модели и механизмы управления безопасностью / В.Н. Бурков, Е.В. Грацианский, С.И. Дзюбко, А.В. Щепкин. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 140 с.
12. Nakagawa M. The New Methodology of Quantitative Process Hazard Analysis (MQPHA) / T. Shiraо, Y. Kawasaki // In: PSAM 5 – Proceedings of the 5th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management Vol 1. Universal Academy Press, Inc., Tokyo, S. 307-313.
13. Van der Voort M.M. A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard / M.M. van der Voort, A.J.J. Klein, M. de Maaijer, A.C. van den Berg, J.D. van Deursen, N.H. Versoot // Loss Prev. Process Ind. – 2007. № 4-6. – С. 375-386.
14. Hodgkinson M. Process safety indicators: Response to Andrew Hopkins / M. Hodgkinson // Safety Science. – Queensland: April 2009. – Volume 47, Issue 4. – P. 469.
15. Besnard Denis. I want to believe: some myths about the management of industrial safety / Denis Besnard, Erik Hollnagel // Cognition,

Technology & Work. – London: Springer London, February 2014. – Volume 16, Issue 1. – P. 13-23.

16. Тарадуда Д.В. Розробка програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою потенційно небезпечних об'єктів / Д.В. Тарадуда, Д.Л. Соколов, О.С. Федоров // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2017. – Вип.26. – С. 143-152. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol26/taraduda.pdf>.

17. Тарадуда Д.В. Застосування багатомірної імітаційної моделі стану безпеки об'єкта як предмета управління промисловою безпекою потенційно небезпечних об'єктів / Д.В. Тарадуда, Р.І. Шевченко, Ю.В. Клімчук // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 15. – С. 166-178. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol15/Taraduda.pdf>.

18. Бурков В.Н. Задачи оптимального управления промышленной безопасностью / В.Н. Бурков, А.Ф. Грищенко, О.С. Кулик. – М.: ИПУ РАН, 2000. – 70 с. – (Препринт / РАН, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова; 2000-1).

Отримано редколегією 12.03.2018

Д.В. Тарадуда, Д.Л. Соколов, А. Самберг

О разработке модели управления уровнем техногенной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций

Проведен анализ проблемы обеспечения техногенной безопасности промышленных объектов в странах постсоветского пространства и некоторых более развитых странах мира. На основе проведенного анализа предложены подходы к разработке модели управления региональным уровнем техногенной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций на ПОО с целью разработки научного основания для создания механизмов поддержки принятия решений по развитию системы управления региональным уровнем техногенной безопасности на ПОО в регионах Украины.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, потенциально опасный объект, техногенная безопасность, управление безопасностью.

D.V. Taraduda, D.L. Sokolov, A. Samberg

On the development of a model for managing the level of technogenic safety and prevention of emergency situations

The analysis of the problem of providing technogenic safety of industrial facilities in the countries of the post-Soviet space and some more developed countries of the world is carried out. Based on the analysis, approaches are proposed to develop a model for managing the regional level of technogenic safety and emergency prevention at potentially dangerous objects with a view to developing a scientific basis for creating decision support mechanisms for the development of a regional level of technogenic safety management system at potentially dangerous objects in the regions of Ukraine.

Keywords: emergency situations, potentially dangerous object, technogenic safety, safety management.