

*Д.В. Тарадуда, к.т.н., заст. нач. кафедри, НУЦЗУ,  
Д.Л. Соколов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
О.С. Федоров, курсант, НУЦЗУ*

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

(представлено д.т.н. Куценком Л.М.)

Проведено аналіз досліджень проблеми забезпечення техногенної безпеки промислових об'єктів в цілому та ПНО зокрема, виявлено загальні недоліки більшості розроблених концепцій та визначено шляхи їх вдосконалення. На основі отриманих результатів розроблено програмно-технічний комплекс моніторингу та управління безпекою ПНО, який реалізований на основі сукупності технічних, програмних, інформаційних засобів та організаційних заходів, що забезпечують оперативність і комплексність інформації про стан безпеки об'єкта контролю.

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

**Постановка проблеми.** Україна за насиченістю території промисловими об'єктами перевищує розвинені європейські держави. Значну частину з них становлять потенційно небезпечні об'єкти (ПНО), пов'язані з виробництвом, переробкою та зберіганням сильнодіючих отруйних, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних речовин. На сьогодні Державний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки містить докладні відомості про понад 23 тис. об'єктів, до числа яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо-, нафто- і продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі та полігони промислових відходів, місця збереження небезпечних речовин і ін. [1]. Найбільша їх кількість розташована на території Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Харківської та Львівської областей. В основному, це пожежонебезпечні (41%), вибухонебезпечні (37%), хімічно небезпечні (7,9%), радіаційно небезпечні (2,1%), гідродинамічно небезпечні (1,85%) та біологічно небезпечні (1,8%) об'єкти [2], технічний стан переважної більшості яких потребує суттєвого оновлення. Про це свідчать і статистичні дані, адже у період з 2012 по 2016 роки в Україні щороку в середньому на таких об'єктах виникало 125 надзвичайних ситуацій (хімічне забруднення довкілля, пожежі, вибухи тощо), унаслідок чого в середньому щороку гинуло 85 осіб, а матеріальні збитки становили 288 млн. грн. [3-6]. Тому проблема забезпечення безпеки ПНО і надійного захисту населення від надзвичайних ситуацій техногенного характеру на сьогодні є актуальною.

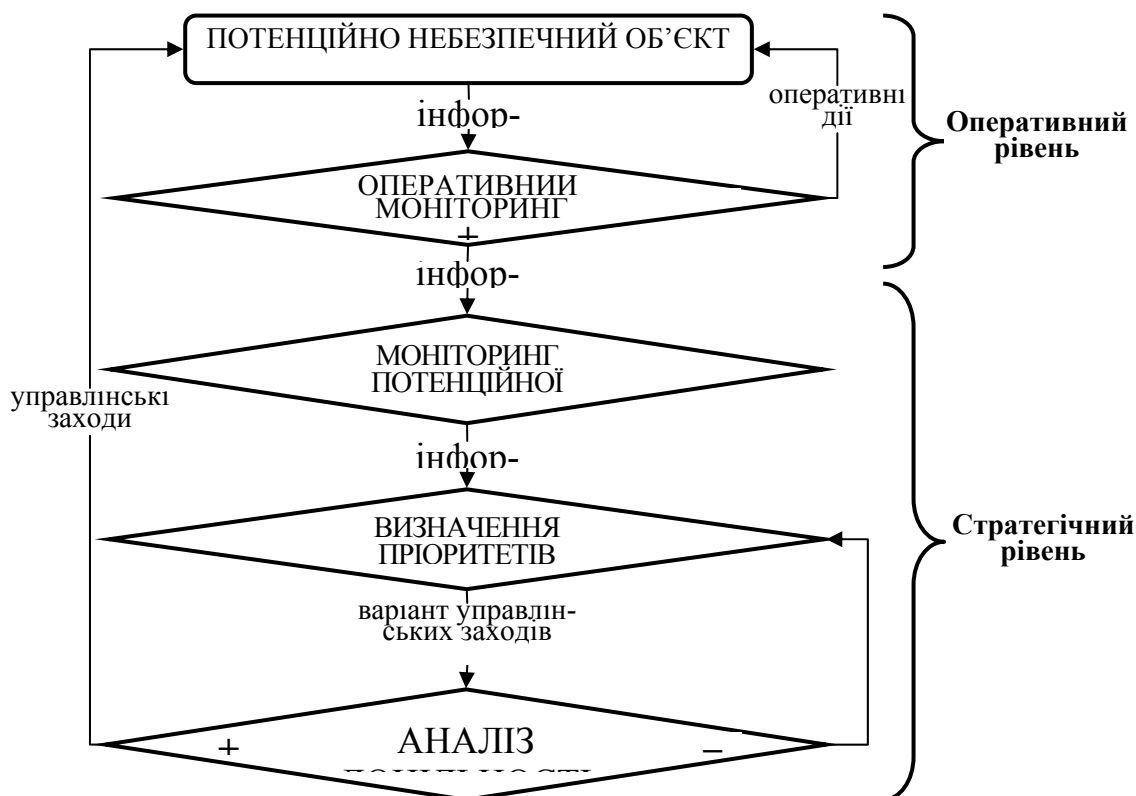
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема забезпечення техногенної безпеки промислових об'єктів в цілому та ПНО зокрема знайшла висвітлення у наукових працях як зарубіжних вчених [7, 8, 11], так і вітчизняних дослідників [9, 10, 12-14]. Загальним недоліком більшості розроблених концепцій моніторингу та забезпечення безпеки ПНО є відсутність системності та комплексного підходу, адже небезпечні фактори, що здійснюють негативний вплив на ПНО, знаходяться в тісному взаємозв'язку один з одним. У ході цієї взаємодії виникає результуючий комплекс загроз, який не є простою їх сукупністю. Виходячи з цього, забезпечити ефективну протидію існуючим та потенційним факторам небезпеки можна тільки враховуючи особливості кожного з них, а також специфіку їх виникнення. Отже, можна зробити висновок, що стан безпеки ПНО носить комплексний і системний характер.

**Постановка завдання та його вирішення.** Як показав аналіз останніх досліджень і публікацій, вирішення проблеми забезпечення техногенної безпеки ПНО на сьогодні не можливе без проведення постійного комплексного моніторингу та аналізу стану їх безпеки. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки програмно-технічних засобів моніторингу стану техногенної безпеки на основі обґрунтованого аналітичного апарату оцінки безпеки ПНО.

Враховуючи вищенаведене, було розроблено програмно-технічний комплекс моніторингу та управління безпекою ПНО (далі ПТК), реалізований на основі сукупності технічних, програмних, інформаційних засобів та організаційних заходів, що забезпечують оперативність і комплексність інформації про стан безпеки об'єкта контролю, що функціонує за дворівневою схемою (рис. 1).

На першому рівні системи проводиться автоматизований моніторинг оперативної обстановки на об'єкті контролю, аналіз отриманої інформації та, за необхідності, виконання оперативних дій щодо попередження або ліквідації аварійної ситуації.

Після отримання позитивного результату аналізу інформації оперативного моніторингу система переходить на наступний рівень – стратегічний. На цьому рівні спершу проводиться моніторинг потенційної небезпеки об'єкта контролю. Показники, отримані в результаті проведення моніторингу потенційної небезпеки, відображають фактичний рівень небезпеки об'єкта. На їх основі визначаються пріоритетні напрямки управління безпекою найменш надійних елементів об'єкта контролю, пропонуються варіанти управлінських заходів для підвищення рівня безпеки з урахуванням специфіки об'єкта та проводиться аналіз доцільності застосування запропонованих заходів.



**Рис. 1. Функціональна схема програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою потенційно небезпечних об'єктів**

Для здійснення моніторингу та управління на оперативному рівні функціонування, а також для раціональності побудови системи в цілому за допомогою сучасних засобів телекомунікації до складу ПТК можна інтегрувати вже існуючі на об'єкті контролю системи безпеки такі, як:

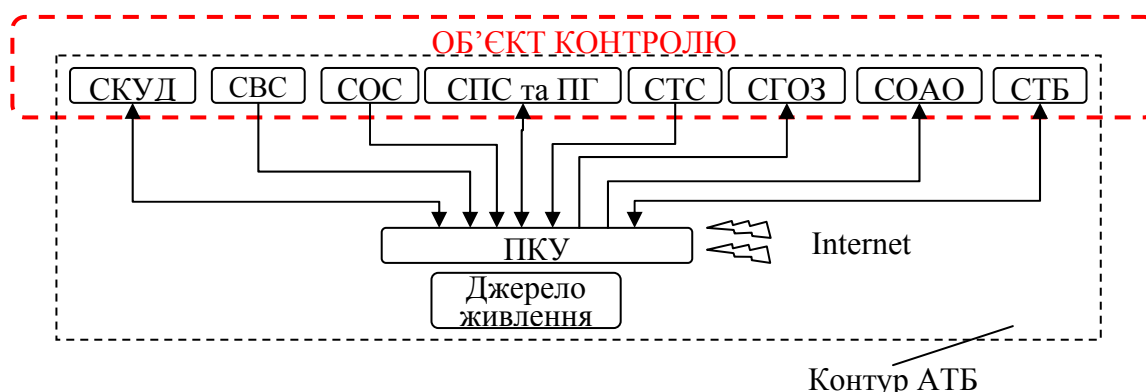
- система відеоспостереження (СВС), яка включає вуличні відеокамери (зовнішнього спостереження), корпусні камери відеоспостереження, IP-камери, прийомні прилади та монітори відеоспостереження;
- система охоронної сигналізації (СОС), яка містить датчики вібрації, датчики інфрачервоного випромінювання та прийомно-контрольні прилади;
- система контролю й управління доступом (СКУД) містить контролери-зчитувачі, електромеханічні замки й засувки, блок управління;
- система пожежної сигналізації та пожежогасіння (СПС та ПГ) містить сповіщувачі полум'я, теплові пожежні сповіщувачі, прийомно-контрольні прилади, модулі порошкового пожежогасіння з електричною та ручною системами пуску, технічні засоби системи локалізації вибуху, автоматичні установки пожежогасіння;
- система тривожної сигналізації (СТС) містить датчики тривожної сигналізації та прийомно-контрольні прилади;
- система охоронного та аварійного освітлення (СОАО) містить технічні засоби аварійного освітлення, які керуються прийомно-

контрольними приладами підсистема пожежної сигналізації та пожежо-гасіння;

– система голосового оповіщення та зв'язку (СГОЗ) містить блок мовного сповіщення та гучномовці;

– система технологічної безпеки (СТБ) містить сигналізатори газу (газоаналізатори), регулятори тиску з датчиками тиску, датчики тиску та рівня рідини, електрозасувки та керуючі клапани.

Реалізація функцій забезпечення моніторингу, узгодженого функціонування та управління технологічним обладнанням представлених систем, а також інформаційна взаємодія із зовнішніми системами безпеки здійснюється апаратно-технічним блоком (АТБ) ПТК. Інтелектуальним ядром АТБ є прилад контролю та управління (ПКУ). ПКУ реалізує управління прийомом-передачею як телеметричної, так і відеоінформації. Однак найбільш важливим є те, що ПКУ забезпечує реалізацію комплексних алгоритмів автономного функціонування АТБ у штатному режимі та режимі надзвичайної ситуації, у тому числі за відсутності зв'язку зі стратегічним рівнем. При цьому алгоритми автономного комплексного управління для об'єкта контролю можуть відпрацьовуватися в навчальному режимі, а потім дистанційно (через канали зв'язку) переноситися в АТБ. Структурно-функціональна схема АТБ наведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Структурно-функціональна схема апаратно-технічного блоку програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою потенційно небезпечних об'єктів

Інформаційні потоки, що надходять від системи безпеки до АТБ поділяються на три групи, а саме: відеоінформація, сформована системами відеоспостереження об'єкта; телеметрична інформація, сформована системою технологічної безпеки об'єкта; тривожна інформація, автоматично сформована всіма системами в разі виникнення небезпеки надзвичайної ситуації. Після обробки та аналізу отриманої інформації АТБ інформує про стан безпеки об'єкта контролю оператора та за необхідності надає відповідні команди технічним засобам СТБ, СПС і ПГ, СГОЗ і СОАО для виконання оперативних дій, одночасно проінформувавши про це через канали зв'язку відповідні служби міста. Для автономності роботи АТБ передбачено резервне джерело живлення.

Робота АТБ можлива також у режимі підготовки, за допомогою якого моделюється виникнення аварійної ситуації без порушення технологічного процесу на об'єкті та оцінюються дії операторів, виявляючи слабкі місця в їх підготовці. Це дає змогу в подальшому розробляти конкретні рекомендації для підвищення рівня підготовки обслуговуючого персоналу до дій у аварійних чи надзвичайних ситуаціях.

Для формування в АТБ керівних команд відповідним системам розроблені алгоритми функціонування ПТК на оперативному рівні [15], приклад одного з яких наведено на рис. 3.

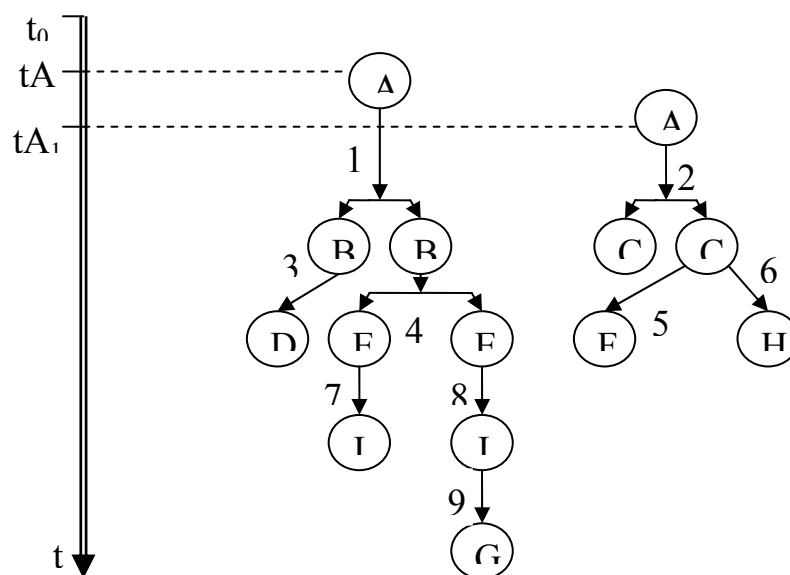


Рис. 3. Варіант алгоритму функціонування програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою потенційно-небезпечних об'єктів з аміачними холодильними установками

На рис. 3 наведено випадок неодночасного надходження просторово не пов'язаних сигналів від сигналізаторів газу (ситуація  $A$ ) та сповіщувачів полум'я (ситуація  $A_1$ ):  $t_0$  – початок роботи системи;  $t_A$  – час виникнення ситуації  $A$ ;  $t_{A_1}$  – час виникнення ситуації  $A_1$ ; 1 – подача сигналу на електросасувки про припинення подачі холодоагента на відповідному відрізку; 2 – подача сигналу на автоматичні установки пожежогасіння «ПОЖЕЖА»;  $B$  – подача холодоагента припинена, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації газу;  $C$  – загоряння ліквідовано, сповіщувачі полум'я увійшли в нормальний режим роботи;  $B_1$  – концентрація газу продовжує зростати;  $C_1$  – загоряння не ліквідовано, виникла пожежа; 3 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $D$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня; 4 – подача сигналу системою до всіх вузлів про припинення технологічного процесу;  $E$  – технологічний процес зупинено, подачу холодильного агента припинено, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації газу;  $E_1$  – технологічний процес не зупинено, концентрація газу продовжує зростати; 5 – подача сигналу до системи мовного оповіщення про необхідність

оголошення евакуації на відповідних ділянках обслуговуючого персоналу та на центральний пульт пожежної охорони населеного пункту про виникнення пожежі; F – евакуація обслуговуючого персоналу проведена; 6 – подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів з ліквідації пожежі (як один із варіантів – ручний запуск автоматичної установки пожежогашіння); Н – пожежа локалізована та ліквідована; 7 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання; I – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня; 8 – подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів для зупинки технологічного процесу та припинення виходу холодоагента; J – технологічний процес зупинено, подачу холодоагента припинено, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації газу; 9 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання; G – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня, система входить у нормальний режим роботи.

В основу програмного забезпечення функціонування ПТК на оперативному рівні лягли попередньо розроблені алгоритми роботи системи в режимі надзвичайної ситуації. Створення програмного забезпечення відбувалося за допомогою мови програмування Delphi. Реалізація такого підходу забезпечує ефективність застосування ПТК на оперативному рівні як у частині реалізації функціональних завдань, так і в частині раціональності побудови – структури і складу технологічного обладнання.

Стратегічний рівень функціонування ПТК передбачає включення до системи «об'єкт контролю – технічний комплекс» ще одного елемента, а саме: людини-оператора. Апаратно-технічний блок на цьому рівні функціонування комплексу являє собою персональний комп'ютер з пакетом прикладних програм для проведення моніторингу потенційної небезпеки об'єкта контролю та визначення пріоритетних напрямків управління його безпекою на основі математично обґрунтованого аналітичного апарату (рис. 4).

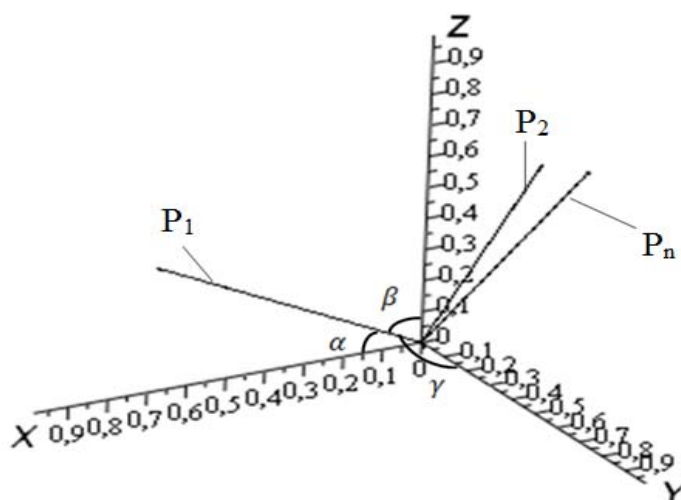


Рис. 4. Загальний вигляд графічної інтерпретації аналітичного апарату визначення пріоритетів при управлінні безпекою ПНО (функціонування програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою ПНО на стратегічному рівні)

На рис. 4 наведено графічну інтерпретацію аналітичного апарату, де  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – інтегровані показники небезпеки основних елементів ПНО, які є основою для проведення процедури визначення пріоритетів при виборі людиною-оператором організаційних заходів з управління безпекою об'єкта контролю

$$P_i = \sqrt{\left(\overset{-I}{p_i}\right)^2 + \left(\overset{-II}{p_i}\right)^2 + \left(\overset{-III}{p_i}\right)^2}, \quad (1)$$

де  $\overset{-I}{p_i}, \overset{-II}{p_i}, \overset{-III}{p_i}$  – нормовані значення показників небезпеки  $p_i^I, p_i^{II}, p_i^{III}$  [16] при дії факторів небезпеки різної природи:

$$\overset{-m}{p_i} = \frac{p_i^m}{p_i^I + p_i^{II} + p_i^{III}}, \quad (2)$$

де  $m$  – показник природи фактора небезпеки (I – за «технічною надійністю», II – при «впливові суб'єкта», III – при «зовнішньому впливові»).

Детально аналітичний апарат обробки інформації, отриманої в результаті аналізу впливів негативних факторів різної природи на функціонування об'єкта контролю та визначення пріоритетів при управлінні промисловою безпекою (багатомірна імітаційна модель стану безпеки об'єкта) наведено в роботах [16, 17].

**Висновки.** Таким чином, розроблений програмно-технічний комплекс моніторингу та управління безпекою ПНО дозволяє не тільки проводити моніторинг стану небезпеки реального об'єкта, але й здійснювати управління його безпекою в режимі online, а отже становить практичну цінність з погляду трьох сторін: керівника організації, на території якої знаходиться ПНО, тому що він зацікавлений у безаварійній роботі об'єкта протягом якомога тривалішого часу; державних органів нагляду, до функціональних обов'язків яких входять перевірки стану безпеки ПНО та страхових компаній для розробки ефективних бізнес-проектів. Для державних органів нагляду комплекс становить цінність як предмет аналізу фактичного стану небезпеки об'єкта контролю, результати якого є підґрунтям для прийняття рішень щодо застосування відповідних санкцій. Для страхових компаній – як предмет визначення можливості виникнення надзвичайних ситуацій на об'єкті, що розглядається, та підґрунтя для визначення розмірів вартості страхових полісів та виплат при відшкодуванні матеріальних збитків. Для керівника організації практичну цінність установка становить як предмет допомоги в прийнятті управлінських рішень, пов'язаних із розробкою стратегії безпеки на об'єкті контролю.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Державний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки України [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України. – Електрон. дан. – 2017. – Режим доступу: <http://dnop.gov.ua/index.php/uk/operativna-informatsiya/neshchasni-vipadki/658-uncategorised/5858-4242>.
2. 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.nauka.com.ua/?op=1&j=efektyvnaekonomika&s=ua&z=1645>.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Електрон. дан. – 2013. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopov2012.html>.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Ел. дан. – 2014. – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2013.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html).
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Електрон. дан. – 2015. – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Nacionalna-dopovid-pro-stan-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.
6. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Електрон. дан. – 2017. – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.
7. Nakagawa M. The New Methodology of Quantitative Process Hazard Analysis (MQPHA) / T. Shiraou, 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.
8. 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.
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. Михайлюк О.П. Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки як складова забезпечення рівня техногенної безпеки / О.П. Михайлюк,



В.В. Олійник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – №4. – С. 167-172.

11. Пат. 2395829 РФ, МПК<sup>7</sup> G 05 В 13/00. Система автоматического управления и регулирования пром- и экобезопасностью оборудования с пожаровзрывоопасным продуктом для процесса с высокой энергией / Зиновьев А.П., Рыжов Г.И., Зиновьев С.А., Рыжов И.Г.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». – № 2008140802/09; заявл. 14.10.2008; опубл. 27.07.2010.

12. Пат. 48747 Україна, МПК<sup>8</sup> G 05 В 11/00. Спосіб контролю і керування роботою об'єкта / Воробейчик О.С.; власник патенту Воробейчик Олег Станіславович. – № u200912223; заявл. 27.11.2009; опубл. 25.03.2010, бюл. № 6.

13. 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.

14. 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>.

15. Тарадуда Д.В. Розробка алгоритмів функціонування програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою потенційно небезпечних об'єктів / Д.В. Тарадуда // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Зб. наук. пр. – Черкаси: ЧПБ НУЦЗУ, 2017. – Вип. 1,2. – С. 150-158.

16. 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>.

17. Тарадуда Д.В. Методика оцінки та управління ризиком виникнення аварій на ПНО як предмет та підгрунття для прийняття управлінських рішень / Д.В. Тарадуда, Р.І. Шевченко // X Міжнародний виставковий форум «Технології захисту – 2011»: 13 всеукр. наук-практ. конф. рятувальників, 20-22 вересня 2011 р.: тези доп. – К., 2011. – С. 422-425.

*Отримано редколегією 14.09.2017*

Д.В. Тарадуда, Д.Л. Соколов, А.С. Фёдоров

**Разработка программно-технического комплекса мониторинга и управления безопасностью потенциально опасных объектов**

Проведен анализ исследований проблемы обеспечения техногенной безопасности потенциально опасных объектов, выявлены общие недостатки большинства разработанных концепций и определены пути их совершенствования. Разработан программно-технический комплекс мониторинга и управления безопасностью таких объектов, который реализован на основе совокупности технических, программных, информационных средств и организационных мероприятий, обеспечивающих оперативность и комплексность информации о состоянии безопасности объекта контроля.

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

D.V. Taraduda, D.L. Sokolov, O.S. Fedorov

**Development of software and hardware complex for monitoring and safety management of potentially dangerous objects**

The analysis of researches of the problem of providing technogenic safety of potentially dangerous objects is carried out, general shortcomings of the majority of the developed concepts and ways of their improvement are determined. A software and hardware complex for monitoring and safety management of such objects was developed. It is implemented on the basis of a set of technical, software, information facilities and organizational measures ensuring the efficiency and complexity of information on the safety status of the monitoring object.

**Keywords:** emergency, potentially dangerous object, monitoring, technogenic safety, safety management.