

УДК 351.861

Помаза-Пономаренко Аліна Леонідівна

*доктор наук з державного управління, старший дослідник,
начальник наукового відділу проблем державної безпеки*

Навчально-науково-виробничий центр

Національного університету цивільного захисту України

Pomaza-Ponomarenko Alina

Doctor of Sciences in Public Administration, Senior Researcher,

Head of the Scientific Department for State Security Problems

Training Research and Production Centre of

National University of Civil Protection of Ukraine

ORCID: 0000-0001-5666-9350

Тарадуда Дмитро Віталійович

*кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри
організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт*

Національний університет цивільного захисту України

Taraduda Dmytro

*PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of
Organization and Technical Support of Emergency Rescue Works*

National University of Civil Protection of Ukraine

ORCID: 0000-0001-9167-0058

DOI: 10.25313/2617-572X-2024-3-9732

ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗРОБКИ, ПРОЕКТИ З ПИТАНЬ
ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ

МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: АСПЕКТИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НС НА ОБ'ЄКТАХ ВІЙСЬКОВО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

MECHANISMS FOR ENSURING CIVIL SECURITY OF UKRAINE: ASPECTS OF PREVENTING EMERGENCY SITUATIONS AT FACILITIES OF THE MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX

Анотація. Визначено, що чинна нормативно-правова база України у сфері ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки, зокрема тих, що належать до сфери управління Міноборони (тобто військово-промислового комплексу), є недосконалою. Доведено, що методика оцінювання стану функціонування таких об'єктів повинна враховувати фактори виникнення надзвичайних ситуацій. Відповідальним за формування та ведення реєстру цих об'єктів є Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Установлено, що основними причинами виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах ВПК є технічні несправності устаткування, помилки персоналу та негативний вплив зовнішніх факторів. Виявлено, що технічний стан більшості таких об'єктів, у т.ч. й об'єктів військово-промислового комплексу України, є на сьогодні небезпечним. Акцентовано, що це зумовлено високим рівнем амортизаційного зношення обладнання та невідповідністю існуючим нормам безпеки. Складна соціальна-економічна ситуація, яка склалася в державі в останні роки через зовнішню агресію РФ, не дозволяє провести глибоку модернізацію застарілого обладнання, тому необхідна розробка комплексної процедури оцінки небезпеки об'єктів ВПК, яка б дозволяла ефективно приймати управлінські рішення щодо попередження надзвичайних ситуацій на них. Складність і небезпечність таких об'єктів ВПК зумовлена наявністю обладнання, яке експлуатується під високим тиском та при високій температурі; розгалуженою системою трубопроводів і апаратів з великою кількістю небезпечних речовин (зокрема, аміаку) у різних агрегатних станах; негативним впливом повномасштабної агресії РФ тощо. З'ясовано, що і при штатній експлуатації об'єктів ВПК можливе виникнення небезпечних режимів їх роботи, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій та їх розвиток за декількома основними сценаріями. Запропоновано імітаційну модель стану безпеки об'єкта ВПК й аналітичний апарат управління безпекою

на її основі. Уважаємо, що вони дозволяють визначити основний негативний вплив факторів небезпеки різної природи на функціонування об'єкта контролю (об'єкта ВПК), а також пріоритетні напрямки управління безпекою найменш надійних елементів об'єкта й обрати заходи для підвищення рівня безпеки з урахуванням аналізу доцільності їх застосування. Крім того, рекомендується розробити та впроваджувати установку комплексного моніторингу та управління безпекою об'єктів ВПК. Доведено, що ця установка дозволяє проводити моніторинг стану небезпеки реального об'єкта та здійснювати управління його безпекою в режимі online. Для оцінки достовірності розроблених теоретичних моделей за допомогою установки може бути проведено повний факторний експеримент. Обґрунтовано, що його мета полягала у визначенні й аналізі функції відгуку (рівень безпеки (показник небезпеки) відповідних елементів необхідної установки) від значущих факторів (час її експлуатації та щільність несприятливих погій, що збільшуються через повномасштабну агресію РФ проти України). Результати проведеного експерименту можуть дозволити визначити адекватність теоретичних досліджень щодо оцінки потенційної небезпеки об'єкта контролю (об'єкта ВПК) і її вплив на цивільну безпеку.

Ключові слова: управління, публічне управління, механізми забезпечення цивільного захисту, цивільна безпека, цивільний захист, ЄС, Україна, правоохоронні органи, діяльність з охорони прав громадян, право на безпечне довкілля, попередження надзвичайних ситуацій, об'єкти військово-промислового комплексу, об'єкти критичної інфраструктури, сектор безпеки й оборони.

Summary. It was determined that the current regulatory and legal framework of Ukraine in the field of identification of objects of increased danger, in particular those belonging to the sphere of management of the Ministry of Defense (ie, the military-industrial complex), is imperfect. It has been proven that the method of assessing the state of functioning of such objects should take into account the factors of emergency situations. The State Service of Ukraine for Emergency Situations is responsible for the formation and maintenance of the register of these objects. It was established that the main causes of emergency situations at military industrial complex facilities are technical malfunctions of the equipment, personnel errors, and the negative influence of external factors. It was found that the technical condition of most such objects, including and objects of the military-industrial complex of Ukraine, is currently dangerous. It is emphasized that this is caused by a high level of amortization wear and tear of the equipment and non-compliance with existing safety standards. The complex social and economic situation that has developed in the state in recent years due to the external aggression of the Russian Federation does not allow for deep modernization of outdated equipment, therefore, the development of a comprehensive procedure for assessing the danger of military industrial complex facilities is necessary, which would allow effective management decisions to be made to prevent emergency situations them The complexity and danger of such military-industrial complex facilities is caused by the presence of equipment that is operated under high pressure and at high temperature; an extensive system of pipelines and devices with a large amount of hazardous substances (in particular, ammonia) in various aggregate states; the negative impact of the full-scale aggression of the Russian Federation, etc. It has been found that even during normal operation of military equipment facilities, dangerous modes of their work may occur, which provoke the occurrence of emergency situations and their development according to several main scenarios. A simulated model of the state of security of the Military Industry facility and an analytical security management apparatus based on it are proposed. We believe that they make it possible to determine the main negative impact of various types of danger factors on the functioning of the control object (military-industrial complex object), as well as the priority areas of safety management of the least reliable elements of the object, and to choose measures to increase the level of safety, taking into account the analysis of their feasibility application. In addition, it is recommended to develop and implement an installation of complex monitoring and management of the security of military-industrial complex facilities. It has been proven that this installation allows monitoring the state of danger of a real object and managing its safety online. To assess the reliability of the developed theoretical models, a full factorial experiment can be conducted with the help of the installation. It is substantiated that its purpose was to determine and analyze the response function (the level of safety (danger indicator) of the relevant elements of the necessary installation) from significant factors (the time of its operation and the density of adverse events, which increase due to the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine). The results of the conducted experiment can make it possible to determine the adequacy of theoretical studies regarding the assessment of the potential danger of the object of control (the object of the Military Industry) and its impact on civil safety.

Key words: management, public administration, civil protection mechanisms, civil security, civil protection, EU, Ukraine, law enforcement agencies, activities for the protection of citizens' rights, the right to a safe environment, prevention of emergency situations, objects of the military-industrial complex, objects of critical infrastructure, the security sector and defense.

Постановка проблеми. Статистичні дані показують, що у довоєнний період в Україні (з 2008 по 2014 роки) щороку в середньому виникало 230 надзвичайних ситуацій (далі — НС), з яких 125 — техногенного характеру (хімічне забруднення довкілля, пожежі, вибухи тощо). У той же час, тільки за тиждень (з 11 по 18 березня 2024 року) через військову зовнішню агресію РФ проти України

її підрозділи змушені були 1013 разів виїхати на ліквідацію наслідків обстрілів населених пунктів. Від початку же війни підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій здійснено 139 827 виїздів [9; 13].

У довоєнний період унаслідок НС у середньому щороку гинуло 100 осіб, а матеріальні збитки становили 368 млн. грн. [9] початку ж

російсько-української війни збитки, завдані природі півдня України, сягнули вже 80 мільярдів грн. Тому забезпечення надійного захисту об'єктів і населення від НС на сьогодні є актуальним завданням, вирішення якого не можливе без проведення постійного аналізу стану безпеки потенційно небезпечних об'єктів загалом і об'єктів військово-промислового комплексу зокрема. Усе це визначає актуальність обраної проблематики дослідження з позиції підтримання національної безпеки в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика публічного управління щодо формування системи безпеки та здійснення цивільного захисту та забезпечення цивільної безпеки є предметом як вітчизняних, так і зарубіжних учених Ю.Абрамова, В.Андропова, К.Белікова, А.К. ван ден Берга, Н.Версут, А.Воденичарова, М.М. ван дер Ворта, С.Калоянідіса, О.Кіроцькіна, Е.Дж. Кіршнера, Н.Клименко, А.Дж. Кляйна, О.Крюкова, О.Лещенко, В.Лифара, П.Махортова, О.Михайлюка, О.Подскальної, С.Потерійко, В.Терент'євської, О.Твердохліба, В.Тютюника, В.Чжу, М.Хойтинк, Р.Шевченка, О.Шматко та ін. [1; 6; 9]. Цих учених можна умовно об'єднати в певні групи в залежності від того, які аспекти досліджувалися у сфері забезпечення цивільної безпеки з позиції попередження надзвичайних ситуацій на потенційно-небезпечних об'єктах.

Так, авторський колектив закордонних учених (М.М. ван дер Ворт, А.Дж. Кляйн, А.К. ван ден Берг, Дж.Д. ван Деурсен, Н.Х. Версут та ін.) запропонували інструменти кількісної оцінки ризику зовнішньої безпеки вибухонебезпечних промислових підприємств [15].

Група вітчизняних науковців (Ю. Абрамов, О. Кіроцькін, М. Мурін, В. Тютюник, Р. Шевченко та ін.) обґрунтували критерії оцінювання багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України, у т.ч. об'єктів підвищеної небезпеки нафтогазової промисловості [1; 3].

У продовження думок останньої групи вчених В.Лифар, О.Михайлюк, В.Олійник та ін. визначили моделі надзвичайних ситуацій та методи оцінки техногенного ризику за допомогою автоматизованої системи забезпечення безпеки виробництва [5; 6].

Не применшуючи досягнутих вагомих наукових результатів науковців у межах різних галузей прикладної науки щодо видів, форм і способів реагування на НС на потенційно-небезпечних об'єктах, маємо впевненість у необхідності проведення комплексної розвідки на предмет визначення особливостей забезпечення цивільної безпеки на цих об'єктах, що використовуються з метою виконання функцій із забезпечення життєво важливих національних інтересів (тобто на об'єктах військово-промислового комплексу). Ці об'єкти відносяться до об'єктів критичної інфраструктури, адже вони зумовлюють ймовірність завдання значної шкоди нормальним

умовам життєдіяльності населення (див. Закон України «Про критичну інфраструктуру» [2]). Відтак, попередження кризових ситуацій на таких об'єктах є завданням відповідної державної політики, що має відбуватися з урахуванням положень фундаментальної науки. Складності ситуації додає те, що повномасштабна агресія РФ проти України спрямована на дестабілізацію всередині України, руйнування її соціальної, критичної та іншої інфраструктури тощо. Це робиться для того, щоб українці прагнули або виїхати масово за кордон, залишивши територію власної країни, або ставали учасниками суспільних конфліктів для агрегації свого невдоволення вітчизняною державною політикою щодо реагування на надзвичайні ситуації, спричинені РФ. З огляду на це важливим є вжиття комплексу заходів щодо вчасного попередження НС на об'єктах військово-промислового комплексу.

Постановка завдання. Метою статті є визначення механізмів забезпечення цивільної безпеки України з позиції конкретизації аспектів попередження НС на об'єктах військово-промислового комплексу.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: 1) нормативно-правове забезпечення щодо безпековості та стійкості функціонування об'єктів критичної інфраструктури, а також методики оцінювання стану функціонування об'єктів підвищеної небезпеки; 2) праці вітчизняних та зарубіжних авторів, що провадять свої науково-практичні дослідження у царині реалізації механізмів забезпечення цивільної безпеки, зокрема попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки.

Під час проведення дослідження було використано наступні наукові методи: статистичного, функціонального та системного аналізу для дослідження поєднання взаємопов'язаних елементів установок ВПК, методи теорії ймовірності, теорії надійності, математичного моделювання, планування експерименту, обробки отриманих даних для узагальнення та побудови структурних схем та моделей.

Виклад основного матеріалу. Право на безпечне для життя довкілля є одним з основоположних [2], але сьогодні воно потребує захисту, оскільки повномасштабна зовнішня агресія РФ продовжує тривати, і вона спрямована на дестабілізацію економічного, соціального й екологічного розвитку України загалом і на руйнацію її критичної інфраструктури. До неї відносяться деякі об'єкти військово-промислового комплексу. Більшість хімічних речовин, які надходять в обіг через зовнішню агресію РФ, за певних умов становлять загрозу для життя і здоров'я людей та довкілля. На підтвердження висловленої думки можна навести положення Закону України «Про критичну інфраструктуру» (2021 р.) [2]. Згідно зі ст. 8 цього закону віднесення об'єктів до критичної інфраструктури здійснюється за

сукупністю критеріїв, що визначають їх соціальну, політичну, економічну, екологічну значущість для забезпечення оборони країни, безпеки громадян, суспільства, держави і правопорядку, зокрема для реалізації життєво важливих функцій та надання життєво важливих послуг, свідчать про існування загроз для них, можливість виникнення кризових ситуацій через несанкціоноване втручання в їх функціонування, припинення функціонування, людський фактор чи природні лиха, тривалість робіт для усунення таких наслідків до повного відновлення штатного режиму [там само]. До таких критеріїв законодавець відносить:

- 1) виконання функцій із забезпечення життєво важливих національних інтересів;
- 2) існування викликів і загроз, що можуть виникати щодо об'єктів критичної інфраструктури;
- 3) ймовірність завдання значної шкоди нормальним умовам життєдіяльності населення;
- 4) уразливість таких об'єктів, тяжкість можливих негативних наслідків, внаслідок чого буде заподіяна значна шкода здоров'ю населення, державному суверенітету (зниження обороноздатності, дискредитація іміджу країни, дестабілізація системи державного управління та унеможливлення виконання державою своїх функцій);
- 5) масштабність негативних наслідків для держави, які впливають на діяльність стратегічно важливих об'єктів для кількох секторів життя-забезпечення;
- 6) тривалість ліквідації таких наслідків та дія подальшого негативного впливу на інші сектори держави;
- 7) вплив на функціонування суміжних секторів критичної інфраструктури [2, ч. 3 ст. 8].

Відповідно до ч. 2 ст. 13, ст. 17 і ст. 19 аналізованого закону формування та реалізацію державної політики в окремих секторах критичної інфраструктури здійснюють *секторальні та функціональні органи* у сфері захисту критичної інфраструктури відповідно до визначених законом повноважень [там само]. При цьому варто вказати на таке завдання державної політики у цій сфері, як координація діяльності суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури. Виконання цього завдання забезпечує уповноважений орган у сфері захисту критичної інфраструктури України [там само, ч. 3 ст. 13].

Суб'єктами національної системи захисту критичної інфраструктури є:

- 1) Кабінет Міністрів України;
- 2) Апарат Ради національної безпеки і оборони України;
- 3) Центральна виборча комісія;
- 4) Національний банк України;
- 5) Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку, Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та

інформатизації, Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг;

- 6) Адміністрація Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України;
 - 7) Фонд державного майна України, інші центральні органи виконавчої влади із спеціальним статусом;
 - 8) уповноважений орган у сфері захисту критичної інфраструктури України;
 - 9) *центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту*, тобто Державна служба України з надзвичайних ситуацій (далі — ДСНС);
 - 10) секторальні та функціональні органи, інші міністерства та центральні органи виконавчої влади;
 - 11) Служба безпеки України;
 - 12) правоохоронні та розвідувальні органи, суб'єкти оперативно-розшукової та контррозвідувальної діяльності;
 - 13) Збройні Сили України, інші військові формування, утворені відповідно до законів України;
 - 14) місцеві органи виконавчої влади (військово-цивільні адміністрації — у разі утворення);
 - 15) органи місцевого самоврядування;
 - 16) оператори критичної інфраструктури;
 - 17) підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, які провадять діяльність, пов'язану із забезпеченням безпеки та стійкості критичної інфраструктури [2, ст. 14].
- У п. 4, 8, 10 ч. 1 ст. 19 аналізованого закону визначено, що одними з основних завдань секторального органу (тобто ДСНС) є такі: 1) розробка та затвердження проектних загроз критичній інфраструктурі секторального рівня; 2) перевірка й оцінювання захищеності об'єктів такої інфраструктури; 3) здійснення заходів щодо функціонування відповідних систем обміну інформацією, моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури [2].

Зважаючи на вищенаведене, можемо стверджувати, що об'єкти військово-промислового комплексу відносяться до об'єктів критичної інфраструктури. Завданням формування і реалізації державної політики в цій сфері є такі: а) попередження кризових ситуацій, що порушують безпеку критичної інфраструктури; б) розроблення комплексу заходів з контролю за ризиками безпеки, виявлення, запобігання та ліквідації наслідків інцидентів безпеки на об'єктах критичної інфраструктури; в) аналіз викликів та загроз, що впливають на стійкість критичної інфраструктури, оцінка стану її захищеності [там само, п. 2, 6, 8 ч. 2 ст. 5].

На сьогодні в Україні функціонує понад 1800 об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше 283 тис. тонн

сильнодіючих отруйних речовин, у тому числі — 178,4 тис. тонн аміаку, із них 5,613 тис. тонн — на об'єктах з холодильними установками [9; 13]. Головним фактором ураження при аваріях на таких об'єктах є хімічне зараження місцевості (ґрунтів, водойм тощо), а також приземного шару повітря. У довоєнний період у зонах можливого хімічного зараження від НС на таких об'єктах мешкало близько 20 млн. чол. (47% населення країни) [9; 13]. Очевидно, що сьогодні кількість населення нашої держави зменшилася, оскільки значна його частина була вимушена виїхати за кордон (як відомо, близько 10 млн. осіб) [7]. У той же час, існує потреба у формуванні обґрунтованої процедури оцінки існуючих загроз із метою подальшого визначення попереджувальних заходів і заходів з підвищення рівня цивільної безпеки об'єктів контролю, яка на сьогодні відсутня [7; 13].

Проведений аналіз стану об'єктів військово-промислового комплексу (далі — ВПК) в Україні дав підстави стверджувати щодо актуальності створення комплексної процедури попередження НС на зазначених об'єктах унаслідок, по-перше, суттєвого зношення технологічного обладнання, великої кількості отруйних, пожежовибухонебезпечних речовин і розгалуженої системи міської інфраструктури зі значною кількістю об'єктів із масовим перебуванням людей. А по-друге, унаслідок недосконалості відповідних вітчизняних та зарубіжних процедур у механізмі забезпечення цивільної безпеки [7; 13]. Можна зазначити, що сьогодні актуалізувалися питання щодо реалізації таких механізмів, які передбачають надання міжнародної допомоги [4; 7; 12]. Одним із них є Механізм цивільного захисту ЄС, створений у 2001 році. Україна доєдналася до цього Механізму у 2023 році [8; 11]. Разом із тим, його імплементація і в Європі, і в Україні вимагає вирішення питань із застосуванням системного підходу. Власне кажучи, у напрямку навчання, перепідготовки експертів у сфері цивільного захисту, які залучаються в межах конкретного «модуля» Механізму цивільного захисту ЄС [4; 7; 8; 11; 12].

Складна економічна ситуація в Україні не дозволяє принципово самотужки змінити стан справ у сфері цивільної безпеки, тому вона доєдналася до Механізму цивільного захисту ЄС. До переліку аспектів, що вказують на проблеми у сфері цивільної безпеки, можна визначити такі: 1) заміна аміаковмісних установок на установки з іншими хладагентами на об'єктах ВПК; 2) застосовування повсюдно дронів для моніторингу за станом об'єктів контролю, адже наразі їх (дрони) потрібно використовувати для більш нагальних потреб у секторі безпеки й оборони. Проте підкреслимо, що забезпечення цивільної безпеки має відбуватися не тільки за «реактивного» сценарію («тут і зараз»), а й за «проактивного» сценарію. Уважаємо, що

його застосування в сучасних умовах (воєнного періоду) і в майбутньому (у повоєнний період) є одним з найважливіших завдань України [7; 13]. Саме тому доцільним є вирішення цього завдання шляхом підвищення ефективності роботи прогностичного апарату, що існує у сфері ВПК із метою забезпечення цивільної безпеки.

До 2022 року оцінювання ВПК та інших потенційно-небезпечних об'єктів здійснювалося згідно з Методикою ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів, що була затверджена Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи від 23.02.2006 р. № 98 [2]. Наразі ж у підрозділах ДСНС оцінювання здійснюють згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки» від 13.09.2022 р. № 1030 [2]. У п. 1 цієї постанови визначено, що за ДСНС закріплено завдання щодо ведення державного електронного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки. Цей реєстр є інформаційно-комунікаційною системою, що створюється відповідно до вимог Закону України «Про публічні електронні реєстри», держателем якої є ДСНС, та яка забезпечує збирання, накопичення, захист, облік, відображення, оброблення реєстрових даних та надання реєстрової інформації, а також електронну взаємодію між фізичними та юридичними особами, державними органами, органами місцевого самоврядування з метою отримання визначеної законодавством інформації у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки [там само]. У п. 17 аналізованої постанови КМУ встановлено, що порядок надання інформації про об'єкти підвищеної небезпеки, які належать до сфери управління Мініборони, для включення до Реєстру або виключення з нього встановлюється Мініборони за погодженням із ДСНС. Цими об'єктами підвищеної небезпеки є об'єкти ВПК.

У той же час, нормотворці в межах зазначеної постанови КМУ не врахували, що на функціонування об'єктів підвищеної небезпеки (у т.ч. ВПК) може чинитися «зовнішній деструктивний вплив». Відтак, в аналізованій постанові Уряду України не визначені формули, необхідні для оцінювання рівня впливу такого фактору.

На підставі розглянутих наукових напрацювань [1; 3; 5; 6; 10; 15; 16] у межах обраної проблематики дослідження можемо стверджувати, що основними причинами виникнення НС на зазначених об'єктах контролю у провідних країнах світу є такі: 1) технічні несправності; 2) помилки персоналу; 3) застарілість установок і необхідного обладнання; 4) впливи зовнішніх чинників тощо. Для України, на жаль, притаманними є більшість вищенаведених причин виникнення НС техногенного характеру. Однак завдяки глибокій модернізації застарілого обладнання та застосуванню при

проекуванні методів і методик оцінки та аналізу небезпеки системи таких країн мають високий рівень цивільної безпеки загалом і промислової безпеки зокрема. У Казахстані, Молдові та деяких інших країнах пострадянського простору основними причинами виникнення НС на зазначених об'єктах є високий рівень амортизаційного зношення устаткування та людський фактор. Це пояснюється насамперед тим, що об'єкти ВПК (деякі з яких входять до складу критичної інфраструктури) побудовані за типовими радянськими проектами 50–60 років минулого століття.

В Україні технічний стан переважної більшості об'єктів контролю, у тому числі й об'єктів ВПК, є небезпечним [2; 9; 13]. Це зумовлено високим рівнем амортизаційного зношення устаткування і невідповідністю його сучасним вимогам цивільної та промислової безпеки. Аналіз методів оцінки небезпеки потенційно-небезпечних об'єктів (далі — ПНО) загалом та об'єктів ВПК зокрема показав, що на сьогодні не існує чітко сформульованої й ефективної комплексної процедури оцінки їх небезпеки, яка необхідна для прийняття управлінських рішень із попередження НС, тому актуальним та доцільним є вирішення цього завдання шляхом підвищення ефективності роботи прогностичного апарату [там само].

Усі типи ВПК, що застосовуються в нашій країні, можна класифікувати за низкою подібних ознак. Кожен тип відображає тільки одну характерну рису установки, тому в її визначенні може бути дві або більше ознак. Складність і небезпечність об'єктів ВПК із аміачно-холодильними установками (далі — АХУ) зумовлена наявністю обладнання, яке експлуатується під високим тиском і при високій температурі, а також розгалуженою системою трубопроводів і апаратів із великою кількістю аміаку в різних агрегатних станах. У процесі експлуатації таких об'єктів виділяється значна кількість тепла й небезпечних для людини речовин, крім того існує небезпека розгерметизації обладнання та виникнення вибуху [1; 3; 5; 9; 10].

При штатній експлуатації об'єктів ВПК, у т.ч. з АХУ, можливе виникнення небезпечних режимів їхньої роботи, що у свою чергу може спровокувати виникнення аварій та інших катастрофічних подій. Для цих об'єктів характерні такі сценарії розвитку НС:

- 1) руйнування обладнання та комунікацій, що знаходяться під надлишковим тиском;
- 2) поширення токсичної хмари, що утворилася в результаті викиду його з системи;
- 3) зараження ґрунту, води, а також поширення токсичної хмари, що утворилася в результаті розливу аміаку;
- 4) вибух і згоряння отруйної (наприклад, аміачно-повітряної) суміші при розгерметизації обладнання [там само].

До об'єктів ВПК України, на яких експлуатуються АХУ, відносять підприємства зберігання стратегічних запасів, склади зберігання боеприпасів і бойових отруйних речовин, об'єкти для випробування техніки й озброєння. Для холодопостачання цих об'єктів в основному використовуються низькотемпературні АХУ середньої та великої продуктивності [9].

Принципова схема типової низькотемпературної АХУ середньої та великої продуктивності складається з десяти основних елементів (В — випарувач; К — конденсатор; КМ-1 — компресорна машина першого ступеня; КМ-2 — компресорна машина другого ступеня; ЛР — лінійний ресивер; Н — насос для перекачування холодильного агента; ПЄ — проміжна ємність; РК — регулюючий клапан; РП — розподільчий пристрій; ЦР — циркуляційний ресивер) з'єднаних у систему за допомогою розгалуженої мережі продуктопроводів (ПП) з холодильним агентом, а також градирні — Г та насосу для води — НВ [там само].

Дослідження принципової схеми АХУ, а також проведення аналізу НС на об'єктах ВПК із АХУ в цілому та небезпек, що виникають при їх експлуатації зокрема, дозволили розробити структурно-логічну модель АХУ, яка наведена на рис. 1. Модель включає компресорний блок (КБ), конденсаторно-ресиверний блок (КРБ), холодильний блок (ХБ) і блок управління та забезпечення (БУ і З).

Блок управління й забезпечення структурно-логічної моделі АХУ на об'єктах ВПК включає систему водопостачання, систему електроживлення, а також систему контролю параметрів технологічного процесу об'єкта контролю.

Отже, структурно-логічна модель АХУ на об'єктах ВПК включає чотири блоки (компресорний, конденсаторно-ресиверний, холодильний і блок управління та забезпечення), у яких описано функціонування десяти елементів установки, двох систем забезпечення (системи водопостачання й електроживлення об'єкта), а також системи контролю параметрів технологічного процесу. Структурно-логічна модель АХУ на об'єктах ВПК дозволяє визначити взаємозв'язки її основних елементів, їх вплив на процес виникнення НС і попередження аварій.

Отримана структурно-логічна модель АХУ на об'єктах ВПК дозволяє розробити імітаційну модель стану безпеки об'єкта ВПК, яка наведена на рис. 2. Ця модель представляє собою просторове розміщення апаратів, приладів, трубопроводів та систем, їх взаємний вплив, а також вплив інтегрованих показників безпеки елементів АХУ на об'єктах, які відображають небезпечні фактори, що призводять до НС на об'єктах ВПК. Для визначення числових значень інтегрованих показників безпеки елементів АХУ на об'єктах ВПК застосовано показники безпеки, які в загальному вигляді можна представити в певних блоках.

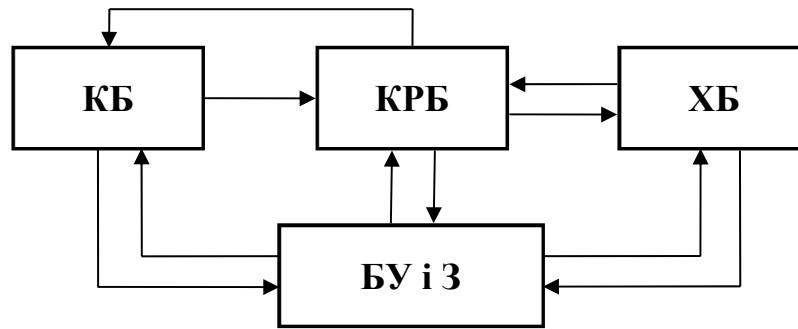


Рис. 1. Структурно-логічна модель АХУ на ВПК

Джерело: авторська розробка

Для визначення показників безпеки основних елементів АХУ на об'єктах ВПК за «технічною надійністю» розроблено «дерево відмов». Дослідивши взаємовпливи відмов основних елементів установки та застосувавши теорію ймовірності щодо логічних схем, за формулою (1) визначено показники безпеки p_n основних елементів установки за «технічною надійністю», окрім продуктопроводів.

$$p_n^I = 1 - \prod_{i=1}^a e^{-\frac{\tau}{\lambda_i}} = 1 - e^{-\sum_{i=1}^a \frac{1}{\lambda_i} \tau}, \quad (1)$$

де a — кількість основних компонентів відповідного елемента установки; λ_i — наробіток на відмову i -го компонента відповідного елемента установки [год]; τ — час роботи установки [год].

Показники безпеки n -го елемента АХУ при здійсненні «впливу суб'єктом» визначено за формулою (2) залежно від його чутливості до дії факторів безпеки (помилки персоналу, пов'язані з відсутністю досвіду; помилки персоналу, пов'язані з професійним «вигоранням»; помилки персоналу, пов'язані з недосконалістю режиму праці) і етапу трудової діяльності, на якому знаходиться оператор установки.

$$p_n^{II} = \frac{\sum_{j=1}^c \alpha_j}{c}, \quad (2)$$

де c — кількість факторів безпеки, до дії яких чутливий n -ий елемент АХУ та які впливають на оператора на відповідному етапі його трудової діяльності; α_j — показник чутливості персоналу до дії j -го фактора безпеки.

Оцінку безпеки при дії небезпечних факторів «зовнішнього впливу» на об'єкти з АХУ на об'єктах ВПК проведено шляхом застосування методів експертних оцінок та законів розподілу випадкових величин.

Показники безпеки n -го елемента АХУ на об'єктах ВПК при дії «зовнішнього впливу» визначено за формулою 3:

$$p_n^{III} = \sum_{j=1}^c \bar{w}_n^j \cdot (1 - e^{-\eta_j \cdot \tau}), \quad (3)$$

де c — кількість факторів безпеки, які діють на n -ий елемент АХУ (знеструмлення в результаті зовнішнього впливу; припинення водопостачання до системи охолодження в результаті зовнішнього впливу; розгерметизація елементів установки в результаті зовнішнього впливу; терористичний акт); τ — час експлуатації установки; η_j — щільність подій, які провокують виникнення j -го фактора безпеки; $\bar{w}_n^j$ — середнє значення коефіцієнта дії j -го фактора безпеки на n -ий елемент установки визначається за формулою 4:

$$\bar{w}_n^j = \frac{\sum_{i=1}^c w_n^{i,j}}{c}, \quad (4)$$

де c — кількість експертів; $w_n^{i,j}$ — коефіцієнт дії j -го фактора безпеки на n -ий елемент установки, який визначив i -ий експерт.

Інтегровані показники безпеки P_n основних елементів АХУ на об'єктах ВПК визначено за допомогою залежності:

$$P_n = \sqrt{\left(\frac{-I}{P_n}\right)^2 + \left(\frac{-II}{P_n}\right)^2 + \left(\frac{-III}{P_n}\right)^2}, \quad (5)$$

де $\frac{-I}{P_n}$, $\frac{-II}{P_n}$, $\frac{-III}{P_n}$ — нормовані значення показників безпеки елементів АХУ на об'єктах ВПК при дії факторів безпеки різної природи:

$$\frac{-m}{P_n} = \frac{P_n^m}{P_n^I + P_n^{II} + P_n^{III}}, \quad (6)$$

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

Інтегровані показники безпеки основних елементів АХУ на об'єктах ВПК є основою для проведення процедури визначення пріоритетів при управлінні безпекою об'єкта контролю (об'єкта ВПК).

Отже, аналітичний апарат управління безпекою об'єкта ВПК передбачає таке: 1) визначення необхідності здійснення управлінських заходів із підвищення рівня безпеки кожного з основних елементів АХУ; 2) визначення напрямків здійснення таких

заходів для найбільш ефективного управління рівнем безпеки об'єкта контролю (зокрема, ВПК).

Визначення необхідності здійснення управлінських заходів з підвищення рівня безпеки кожного з основних елементів АХУ на об'єктах ВПК полягає в порівнянні фактичних інтегрованих показників безпеки її елементів P_n , отриманих за допомогою імітаційної моделі стану безпеки об'єктів із АХУ на об'єктах ВПК, із аналогічними показниками P_n^{stat} , які отримані статистичним шляхом за допомогою аналізу аварій та аварійних ситуацій, що виникали на об'єктах із АХУ різних галузей промисловості України та зарубіжжя. Якщо виконується рівність $P_n \leq P_n^{stat}$, то безпека відповідного елемента об'єкта знаходиться на рівні, достатньому для безаварійної експлуатації об'єкта контролю, якщо ж рівність не виконується, то рівень безпеки відповідного елемента необхідно підвищувати.

Визначення напрямків здійснення заходів щодо підвищення рівня безпеки елементів АХУ на об'єктах ВПК для більш ефективного управління безпекою об'єкта контролю здійснювалося за допомогою аналізу графічної інтерпретації інтегрованих показників безпеки елементів АХУ на об'єктах ВПК, яка передбачає таке: на осі координат ОХ (рис. 2) відкладають нормовані значення показників безпеки елементів об'єкта при впливі факторів безпеки, пов'язаних із їх «технічною надійністю» p_n . На осі координат ОУ відкладають нормовані значення показників безпеки елементів об'єкта при дії факторів безпеки при «впливові суб'єкта» (людський фактор) p_n .

На осі координат ОZ відкладають нормовані значення показників безпеки елементів об'єкта при дії факторів безпеки «зовнішнього впливу» p_n .

Аналіз графічної інтерпретації інтегрованих показників безпеки елементів АХУ на об'єктах ВПК полягає у визначенні та порівнянні кутів нахилу вектора, який відображає рівень безпеки відповідного елемента до осей координат. Чим менший кут нахилу вектора P_n до осі координат із нормованим значенням показника безпеки елемента n при дії на нього факторів безпеки відповідної природи, тим заходи, які впливатимуть на зменшення дії цих факторів безпеки, будуть більш ефективними для підвищення рівня безпеки відповідного елемента.

Отже, висновок про доцільність застосування запропонованих управлінських заходів для підвищення рівня безпеки об'єкта контролю робиться на основі аналізу результатів порівняння витрат на застосування цих заходів $S_{проф}$ і збитків від НС на об'єкті, що може трапитися в результаті не застосування обраних управлінських заходів $S_{зб}$ (для досягнення економічного ефекту від застосування обраних заходів необхідне виконання умови $S_{проф} < S_{зб}$).

З метою оцінки достовірності отриманих моделей може бути розроблено лабораторну установку комплексного моніторингу та управління безпекою об'єктів ВПК із АХУ. Ця установка на об'єктах ВПК є апаратно-програмним комплексом, реалізованим на основі сукупності технічних, програмних, інформаційних та організаційних засобів, які забезпечують оперативність і комплексність інформації про стан

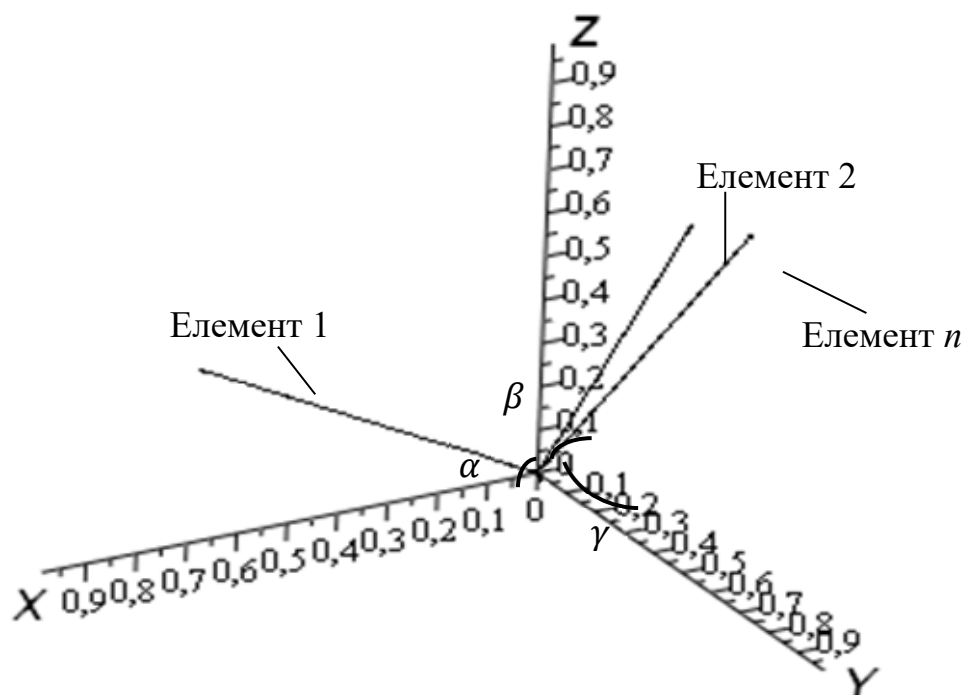


Рис. 2. Графічна інтерпретація інтегрованих показників безпеки на об'єктах ВПК (загальний вигляд)

Джерело: авторська розробка

безпеки об'єкта контролю. Розроблена установка функціонує за дворівневою схемою (рис. 3).

На першому рівні системи проводиться автоматизований моніторинг оперативної обстановки на об'єкті контролю (ВПК), 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.

Реалізація функцій забезпечення моніторингу, узгодженого функціонування та управління технологічним обладнанням систем інтегрованих в установку на об'єктах ВПК, а також інформаційна взаємодія із зовнішніми системами безпеки здійснюється програмно-технічним комплексом.

Застосування цього комплексу дозволяє зробити висновок, що для забезпечення необхідного рівня безпеки на об'єктах контролю (зокрема, ВПК), достатньо розглядати час експлуатації установок цього об'єкта в межах від 0 до 10 років, тому об'єктами дослідження були вибрані ПНО (зокрема, ВПК), термін експлуатації яких не перевищував 10 років. На цій підставі можна підсумувати, що в Україні спостерігається критична ситуація з функціонуванням об'єктів ВПК, оскільки вони перебувають в експлуатації більше 10 років [7; 9; 13]. Усе це становить загрозу для системи безпеки України в цілому.

У результаті проведення експерименту можуть бути визначені фактичні показники небезпеки основних елементів АХУ на досліджуваних об'єктах ВПК за «технічною надійністю», «впливом суб'єкта» і «зовнішнім впливом». Аналіз динаміки зміни показників небезпеки основних елементів об'єктів ВПК при дії факторів небезпеки «зовнішнього впливу» показує, що їх значення змінюється останнім часом через збільшення дестабілізуючого впливу держави-агресора. Відтак, актуальним є застосування допоміжних технічних пристроїв (лабораторних установок, дронів тощо), що забезпечують безперешкодний моніторинг стану функціонування об'єктів ВПК на системній основі.

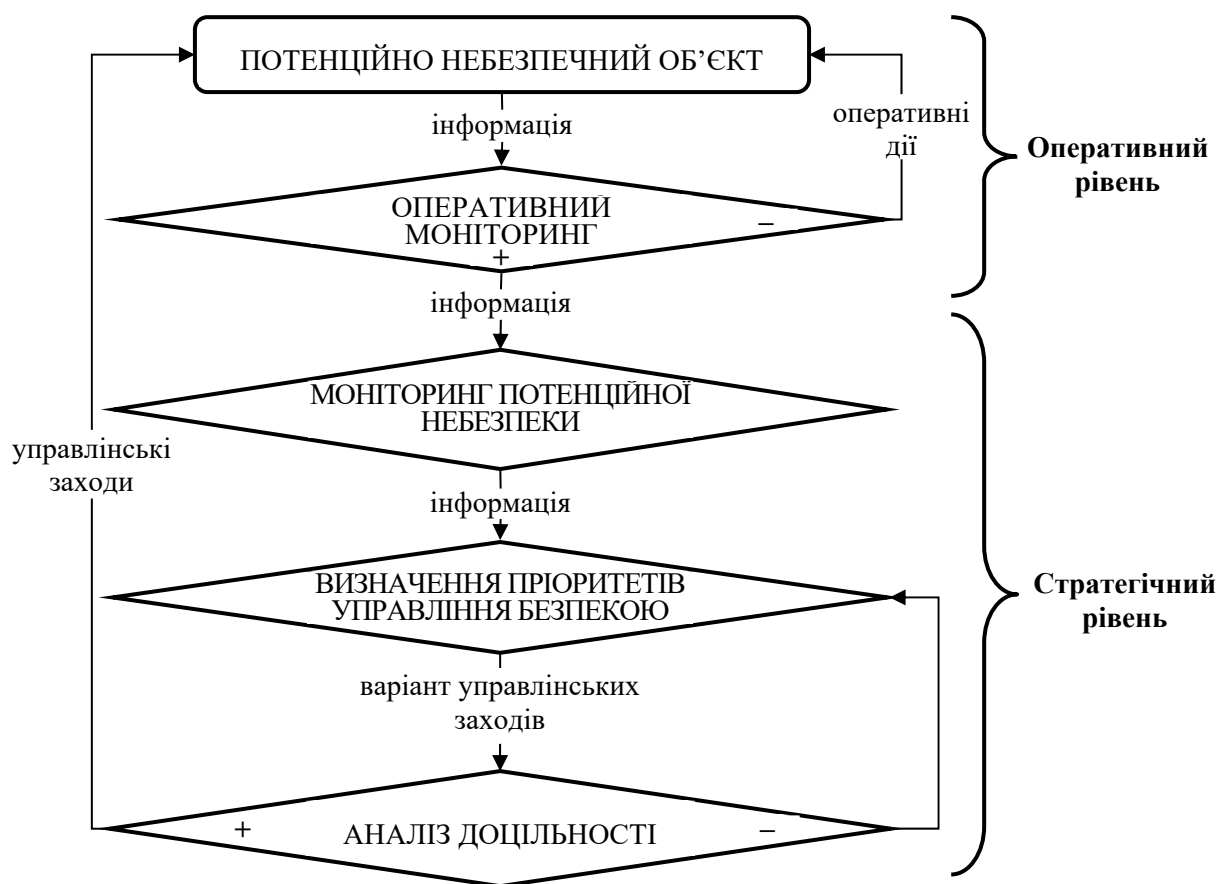


Рис. 3. Функціональна схема комплексного моніторингу й управління безпекою об'єктів ВПК

Джерело: авторська розробка

Висновки. Отже, проведене дослідження дозволило зробити такі висновки:

- 1) на підставі теоретичного аналізу світового досвіду експлуатації об'єктів ВПК встановлено, що основними причинами виникнення надзвичайних ситуацій на них є технічні несправності устаткування, помилки персоналу та негативний вплив зовнішніх факторів. Технічний стан більшості таких об'єктів, у т.ч. й об'єктів військово-промислового комплексу України, є на сьогодні небезпечним. Це зумовлено високим рівнем амортизаційного зношення обладнання та невідповідністю існуючим нормам безпеки. Складна соціальна-економічна ситуація, яка склалася в державі в останні роки через зовнішню агресію РФ, не дозволяє провести глибоку модернізацію застарілого обладнання, тому необхідна розробка комплексної процедури оцінки безпеки об'єктів ВПК, яка б дозволяла ефективно приймати управлінські рішення щодо попередження надзвичайних ситуацій на них;
- 2) встановлено, що складність і небезпечність таких об'єктів ВПК зумовлена наявністю обладнання, яке експлуатується під високим тиском та при високій температурі; розгалуженою системою трубопроводів і апаратів з великою кількістю небезпечних речовин (зокрема, аміаку) у різних агрегатних станах; негативним впливом повномасштабної агресії РФ тощо. При штатній експлуатації об'єктів ВПК можливе виникнення небезпечних режимів їх роботи, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій та їх розвиток за декількома основними сценаріями;

- 3) на цій підставі запропоновано імітаційну модель стану безпеки об'єкта ВПК (зокрема, з АХУ) та аналітичний апарат управління безпекою на її основі. Вони дозволяють визначити основний негативний вплив факторів небезпеки різної природи на функціонування об'єкта контролю (об'єкта ВПК), а також пріоритетні напрямки управління безпекою найменш надійних елементів об'єкта й обрати заходи для підвищення рівня безпеки з урахуванням аналізу доцільності їх застосування. Крім того, рекомендується розробити та впроваджувати установку комплексного моніторингу та управління безпекою об'єктів ВПК. Ця установка дозволяє проводити моніторинг стану небезпеки реального об'єкта та здійснювати управління його безпекою в режимі online. Для оцінки достовірності розроблених теоретичних моделей за допомогою установки може бути проведено повний факторний експеримент. Обґрунтовано, що його мета полягала у визначенні й аналізі функції відгуку (рівень безпеки (показник небезпеки) відповідних елементів необхідної установки) від значущих факторів (час її експлуатації та щільність несприятливих подій, що збільшуються через повномасштабну агресію РФ проти України). Результати проведеного експерименту можуть дозволити визначити адекватність теоретичних досліджень щодо оцінки потенційної небезпеки об'єкта контролю (об'єкта ВПК) і її вплив на цивільну безпеку. Зважаючи на це, уважаємо, що подальші наукові розвідки мають бути присвячені дослідженню вищевказаних питань.

Література

1. Абрамов Ю.О., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Моделювання процесу виникнення техногенної аварії на об'єктах підвищеної безпеки нафтогазової промисловості. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2006. № 3. С. 5–18.
2. Законодавство. Верховна Рада України: офіційний вебпортал. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws> (дата звернення: 20.03.2024).
3. Кірючкін О.Ю., Мурін М.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2007. № 6. С. 62–73.
4. Клименко Н.Г. Сутність механізму цивільного захисту ЄС та перспективи набуття Україною повноправного членства в ньому. *Публічне урядування*. 2022. С. 23–33.
5. Лифар В.О. Моделі надзвичайних ситуацій та метод оцінки техногенного ризику в автоматизованій системі забезпечення безпеки виробництва: дис. кандидата техн. наук: 05.13.06. Х., 2007. 278 с.
6. Михайлюк О.П., Олійник В.В. Ідентифікація об'єктів підвищеної безпеки як складова забезпечення рівня техногенної безпеки. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2007. № 4. С. 167–172.
7. Помаза-Пономаренко А.Л., Тарадуда Д.В., Порока С.Г. Організаційно-правові засади імплементації Механізму цивільного захисту ЄС в Україні в контексті гарантування національної безпеки. *Державне будівництво*. 2023. № 2. URL: <https://periodicals.karazin.ua/db/issue/archive> (дата звернення: 20.03.2024).
8. Про ратифікацію Угоди між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, з іншої сторони, щодо участі України в Механізмі цивільного захисту Союзу. *Верховна Рада України: офіційний вебпортал*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3434-20#Text> (дата звернення: 20.03.2024).
9. Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І. Аналіз методологічної бази з оцінки ризику виникнення аварії на потенційно небезпечних об'єктах. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2012. Вип. 16. С. 138–148.
10. Шматко О.В., Паніна О.О. Використання імовірнісних оцінок при аналізі безпеки. *Проблеми пожежної безпеки*. 2005. № 18. С. 192–96.

11. Decision № 1313/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on a Union Civil Protection Mechanism. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2013.347.01.0924.01.ENG (дата звернення: 20.03.2024).
12. Kirchner E. J., Fanoulis E., Dorussen H. Civil security in the EU: national persistence versus EU ambitions?. *European security*. 2015. Vol. 24 (2). P. 287–303.
13. Pomaza-Ponomarenko A., Taraduda D., Leonenko N., Poroka S., Sukhachov M. Ensuring the safety of citizens in times of war: aspects of the organization of civil defense. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. 2024. Vol. 14, Is. 1. P. 216–220. URL: https://www.magnanimitas.cz/ADALTA/140139/papers/K_10.pdf (дата звернення: 20.03.2024).
14. Popov O., Taraduda D., Sobyna V., Dement M., Pomaza-Ponomarenko A. Emergencies at Potentially Dangerous Objects Causing Atmosphere Pollution: Peculiarities of Chemically Hazardous Substances Migration. *Systems, Decisions and Control in Energy I. Studies in Systems, Decision and Control*. Switzerland: Springer International Publishing AG. 2020. Vol. 298. P. 151–163. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48583-2_10.
15. Van der Voort M. M., Klein A. J. J., de Maaier M., van den Berg A. C., van Deursen J. D., Versoot N. H. A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard. *Loss Prev. Process Ind.* c 2007. № 4–6. P. 375–386.
16. Vodenitcharov A. Civil aspects of national security. *21st international conference the knowledge-based organization*. 2015. № 21. P. 143–147.

References

1. Abramov Yu. O., Tyutyunyk V. V., Shevchenko R. I. Modeling of the process of man-made accidents at objects of increased danger in the oil and gas industry. *Problems of emergency situations*. 2006. No. 3. P. 5–18.
2. Legislation. *Verkhovna Rada of Ukraine: official website*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws>.
3. Kirochkin O. Yu., Murin M. M., Tyutyunyk V. V., Shevchenko R. I. Evaluation of the multi-criteria method of analysis of the chemically dangerous state of objects and regions of Ukraine. *Problems of emergency situations*. 2007. No. 6. P. 62–73.
4. Klymenko N. G. The essence of the EU civil protection mechanism and prospects for Ukraine's acquisition of full membership in it. *Public administration*. 2022. P. 23–33.
5. Lyfar V. O. Models of emergency situations and the method of man-made risk assessment in the automated production safety system: diss. technical candidate Sciences: 05.13.06. Kh., 2007. 278 p.
6. Mykhailiuk O. P., Oliynyk V. V. Identification of objects of increased danger as a component of ensuring the level of man-made safety. *Problems of emergency situations*. 2007. No. 4. P. 167–172.
7. Pomaza-Ponomarenko A. L., Taraduda D. V., Poroka S. G. Organizational and legal principles of the implementation of the EU Civil Protection Mechanism in Ukraine in the context of guaranteeing national security. *State construction*. 2023. No. 2. URL: <https://periodicals.karazin.ua/db/issue/archive>.
8. On the ratification of the Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, on the other hand, regarding Ukraine's participation in the Civil Protection Mechanism of the Union. *Verkhovna Rada of Ukraine: official website*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3434-20#Text>.
9. Taraduda D. V., Shevchenko R. I. Analysis of the methodological base for assessing the risk of an accident at potentially dangerous objects. *Problems of emergency situations*. 2012. Is. 16. P. 138–148.
10. Shmatko O. V., Panina O. O. The use of probabilistic estimates in safety analysis. *Problems of fire safety*. 2005. No. 18. P. 192–96.
11. Decision № 1313/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on a Union Civil Protection Mechanism. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2013.347.01.0924.01.ENG.
12. Kirchner E. J., Fanoulis E., Dorussen H. Civil security in the EU: national persistence versus EU ambitions?. *European security*. 2015. Vol. 24 (2). P. 287–303.
13. Pomaza-Ponomarenko A., Taraduda D., Leonenko N., Poroka S., Sukhachov M. Ensuring the safety of citizens in times of war: aspects of the organization of civil defense. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. 2024. Vol. 14, Is. 1. P. 216–220. URL: https://www.magnanimitas.cz/ADALTA/140139/papers/K_10.pdf.
14. Popov O., Taraduda D., Sobyna V., Dement M., Pomaza-Ponomarenko A. Emergencies at Potentially Dangerous Objects Causing Atmosphere Pollution: Peculiarities of Chemically Hazardous Substances Migration. *Systems, Decisions and Control in Energy I. Studies in Systems, Decision and Control*. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2020. Vol. 298. P. 151–163. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48583-2_10.
15. Van der Voort M. M., Klein A. J. J., de Maaier M., van den Berg A. C., van Deursen J. D., Versoot N. H. A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard. *Loss Prev. Process Ind.* c 2007. No. 4–6. P. 375–386.
16. Vodenitcharov A. Civil aspects of national security. *21st international conference the knowledge-based organization*. 2015. No. 21. P. 143–147.