

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
“ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ”

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИПУСК 10

КИЇВ
2016

Головний редактор
ЛИСИЧЕНКО Георгій Віталійович

Editor-in-chief
Georgiy V. LYSYCHENKO

Заступник головного редактора:
Забулонів Ю.Л. (Україна)

Deputy Editor:
Zabulonov Yu.L. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Барбашев С.В. (Україна)
Белєвцев Р.Я. (Україна)
Бондаренко Г.М. (Україна)
Верховцев В.Г. (Україна)
Дівізінюк М.М. (Україна)
Задвернюк Г.П. (Україна)
Коваленко Г.Д. (Україна)
Ковач В.О. (Україна)
Ольховик Ю.О. (Україна)
Покалюк В.В. (Україна)
Попов О.О. (Україна)
Тищенко Ю.Є. (Україна)
Улицький О.А. (Україна)
Фаррахов О.В. (Україна)
Чумаченко С.М. (Україна)
Шабалін Б.Г. (Україна)
Шмандій В.М. (Україна)
Яковлев Є.О. (Україна)
Яцишин А.В. (Україна)

EDITORIAL BOARD:

Barbashev S.V. (Ukraine)
Belevtsev R. Ya. (Ukraine)
Bondarenko G.M. (Ukraine)
Verkhovtsev V.G. (Ukraine)
Diviziniuk M.M. (Ukraine)
Zadvernyk G.P. (Ukraine)
Kovalenko G.D. (Ukraine)
Kovach V.O. (Ukraine)
Olkhovik Yu.O. (Ukraine)
Pokaluk V.V. (Ukraine)
Popov O.O. (Ukraine)
Tyshchenko Yu.Y. (Ukraine)
Ylitskiy O.A. (Ukraine)
Farrakhov O.V. (Ukraine)
Chumachenko S.M. (Ukraine)
Shabalin B.G. (Ukraine)
Shmandiy V.M. (Ukraine)
Yakovlev Y.O. (Ukraine)
Yatsyshyn A.V. (Ukraine)

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Войчик В. (Польща)
Алієв Р. (Азербайджан)
Калінін М. (Білорусь)
Єременко В.А. (Росія)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Wojcik W. (Poland)
Aliiev R. (Azerbaijan)
Kalinin M. (Belarus)
Eremenko V.A. (Russia)

Технічний секретар: Фесай О.П.
Редактор-перекладач англійського тексту: Ковач В.О.

ЗАСНОВНИКИ:

Національна академія наук України
Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

Адреса редакційної колегії:

03680, Київ-142, пр. Палладіна, 34-А
ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”,
Тел. (044) 424 00 29, факс (044) 423 17 96. Електронна пошта: u-risk@ukr.net
Сайт журналу: tes.igns.gov.ua

Друкується за постановою Вченої ради ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

Свідоцтво про державну реєстрацію ДЗМІ – серія КВ № 16163-4635Р від 30.12.2009 р.

Фахова реєстрація у ВАК України в галузі геологічних і технічних наук (екологічна безпека)
Постанова Президії ВАК України від 23.02.2011 № 1-05/2

У 2014 р. журнал включений до бібліографічної бази даних наукових публікацій РІНЦ НЕБ (Російський індекс наукового цитування Наукової електронної бібліотеки).

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

© *Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”*

ЗМІСТ

<i>Андронов В.А., Стрілець В.М.</i> Визначення особливостей застосування апаратів на стисненому повітрі для ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин	5
<i>Дивизинюк М.М., Коноваленко Н.В., Лазаренко С.В., Фаррахов А.В.</i> Радиолокационное обнаружение людей как средство выявления предпосылок чрезвычайных ситуаций террористического характера	13
<i>Тарадуда Д.В.</i> Характеристика надзвичайних ситуацій, пов'язаних з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах	20
<i>Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Дивизинюк М.М., Рыжкин А.С.</i> Предпосылки создания защитных помещений в административных и жилых зданиях	25
<i>Тютюник В.В., Калугін В.Д., Іванець Г.В., Іванець М.Г., Захарченко Ю.В.</i> Оцінка ефективності покриття території надзвичайної ситуації за допомогою автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів небезпечних факторів при їх розкиданні із зависаючого над точкою скидання безпілотної літального апарату	34
<i>Попов О.О.</i> Розробка стохастичної математико-картографічної моделі забруднення атмосфери викидами від техногенно-небезпечних об'єктів	44
<i>Ковач В.О., Артемчук В.О., Куценко В.О.</i> Сучасні методи аналізу ризиків в задачах управління екологічною безпекою на техногенно забруднених територіях	56

CONTENS

Andronov V.A., Strelec V.M. Defining features of the use of scba with the emergency response to releases of hazardous chemicals	5
Divizinyuk M.M., Konovalenko N.V., Lazarenko S.V., Farrakhov A.V. Radar detection of persons as a means of identifying backgrounds emergency terrorist nature	13
Taraduda D.V. Characteristics of emergencies associated with terrorist acts potentially dangerous objects	20
Azarenko E., Goncharenko Yu., Diviziniuk M., Ryzhkin A. Background of the protection of premises the administrative and residential buildings	25
Tiutiunik V.V., Kalugin V.D., Ivanets G.V., Ivanets M.G., Zakharchenko Yu.V. Efficiency estimate of the emergency situations territory covering by means of the automated control units of dangerous factors in case of their scattering from the dumping of the unmanned aerial vehicle hanging over the point	34
Popov O.O. Development of mathematical and cartographic stochastic model of air pollution by emissions from technogenic hazardous facilities	44
Kovach V.O., Artemchuk V.O., Kutsenko V.O. Modern methods of risks analysis in the problems of environmental security control on technogenic contaminated territories	56

УДК 351.101

В.А. АНДРОНОВ, В.М. СТРИЛЕЦЬ*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків***ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТІВ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКИДАМИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН**

Проведено експериментальне визначення особливостей використання ізолюючих апаратів пожежними-рятувальниками під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин. Показано, що у якості базової комплектації в пожежно-рятувальних підрозділах доцільно використовувати апарати на стисненому повітрі, обладнані легеневидами автоматами, що забезпечують підпір повітря в підмасочному просторі

Постановка проблеми. Реалізація положень Кодексу цивільного захисту України [1] поставила нові завдання перед пожежно-рятувальними підрозділами. Однією з нових задач стала участь особового складу в ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин, умови яких суттєво відрізняються від найгірших умов пожежі. А саме у відповідності до останніх були сформульовані [2] тактико-технічні вимоги до засобів індивідуального захисту органів дихання, в першу чергу до загального коефіцієнта захисту, який повинен бути не менше 5000. Тобто, невідомо, наскільки робота в таких апаратах є небезпечною навіть при повному дотриманні нормативних вимог.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В [3] відмічається, що у випадку надзвичайної ситуації на станції нейтралізації компонентів ракетного палива може бути ситуація, коли концентрація окисів азоту $C_{(100\% \text{ NO}_2)}$ буде наближатись до $1,92 \cdot 10^6$ мг/м³ (100%). Це відповідає коефіцієнту токсичної небезпеки

$$K_{\text{ТН}}(100\% \text{ NO}_2) = \frac{C_{(100\% \text{ NO}_2)}}{C_{\text{ГДК NO}_2}} = 3,85 \cdot 10^5, \quad (1)$$

де $C_{\text{ГДК NO}_2} = 5$ мг/м³ – гранично допустима концентрація.

Видно, що загальний коефіцієнт захисту повинен бути майже на два порядки більше того, який є нормованим.

В [4] показано, що при легеневій вентиляції $\omega_{\text{Д}}$ біля 30 л/хв. та дотриманні вимог Настанови [5] коефіцієнт захисту регенеративного дихального апарату дорівнює $3,33 \cdot 10^4$. Отриманий результат свідчить, що повітропроводна система має достатню ступінь герметичності для умов, які можуть виникнути при звичайній пожежі. Проте, у випадку, наприклад, надзвичайної ситуації під час ліквідації компонентів ракетного палива коефіцієнт захисту буде значно менше коефіцієнта токсичної небезпеки $K_{\text{ТО}} \approx 3,85 \cdot 10^5$. У зв'язку з цим використання регенеративних дихальних апаратів не є можливим, не дивлячись на високі показники часу захисної дії та можливість багатократного включення-виключення апарату. Для апаратів на стисненому повітрі (АСП) в [6] показано, що коефіцієнт захисту апарату, якщо легеневу вентиляцію прийняти рівною близько 40 л/хв., буде $K_{31} \approx 4,87 \cdot 10^5$, але при цьому не враховуються підсоси навколишнього середовища через нещільне приєднання лицевої частини до обличчя газодимозахисника.

Постановка задачі та її розв'язання. У зв'язку з цим доцільно визначити, які характеристики повинні мати апарати на стисненому повітрі у зборі з лицевою частиною і які особливості будуть характерними для їх експлуатації, щоб забезпечити безпечну роботу газодимозахисників в найгірших умовах, що можуть бути в осередку викиду небезпечних хімічних речовин.

В пожежно-рятувальних підрозділах МНС України використовуються наступні лицеві частини: мундштукове пристосування із загубником та носовим затискачем, маска, маска із збитковим тиском в підмасочному просторі та шолом-маска, які мають достатній для звичайної пожежі коефіцієнт захисту K_{32} [6]. Проте, враховуючи те, що мундштуковий пристрій не закриває очі та обличчя, його використання рятувальниками під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами сильнодіючих отруйних речовин недопустимо.

В таблиці 1, враховуючи те, що загальний коефіцієнт захисту системи «апарат – органи подиху людини» розраховується як [2]

$$K_3 = \frac{K_{31} \cdot K_{32}}{K_{31} + K_{32}}, \quad (2)$$

наведені результати розрахунків для апаратів на стисненому повітрі, які обладнані масками, маскам із збитковим тиском в підмасочному просторі або шолом-масками.

Аналіз результатів таблиці показує, що для ліквідації найгірших надзвичайних ситуацій, які можуть мати місце в Україні, особовому складу пожежно-рятувальної служби доцільно використовувати апарати на стисненому повітрі з масками із збитковим тиском в підмасочному просторі. Крім цього видно, що у разі обладнання АСП шолом-маскою показник загального коефіцієнта ($K_3 \approx 3,27 \cdot 10^5$) є досить близьким до необхідного ($K_{ТН(100\%NO_2)} = 3,85 \cdot 10^5$).

Таблиця 1. Загальний коефіцієнт захисту АСП

Коефіцієнт захисту	Лицева частина		
	Маска	Маска із збитковим тиском в підмасочному просторі	Шолом-маска
K_{31}	$4,87 \cdot 10^5$		
K_{32}	10^4	10^7	10^6
K_3	9748	464261	327443

Тобто, у разі використання шолом-масок треба підвищити вимоги до кількісних показників, які контролюються під час виконання другої перевірки, оскільки в цьому разі коефіцієнт захисту апарату повинен бути не менше ніж

$$K_{31} \geq \frac{1}{\frac{1}{K_{ТН(100\%NO_2)}} - \frac{1}{K_{32}}} = 6,26 \cdot 10^5. \quad (3)$$

Оскільки коефіцієнт захисту апарату може розглядатись [2] як

$$K_{31} = \frac{\omega_{\text{Л}}}{\omega_{\text{П1}}}, \quad (4)$$

де $\omega_{\text{П1}}$ - підсос всередину системи «апарат – органи подиху», л/хв.;
під час виконання другої перевірки необхідно забезпечити виконання умови

$$\omega_{\text{П1}} \leq \frac{\omega_{\text{Л}}}{K_{31}} = 6,39 \cdot 10^{-5} \text{ л/хв.} \quad (5)$$

В той же час відомо [2], що

$$\omega_{\text{П1}} = \frac{0,4 \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{ВД}}}{P_{\text{пер}}}}}{m \cdot P_a}, \quad (6)$$

де $\Delta p / \Delta t$ - швидкість падіння розрідження під час перевірки герметичності, Па/хв;
 V_p - місткість повітропровідної системи при розрідженні, л; $P_{\text{ВД}}$ - опір ЗІЗОД вдиху при відповідному навантаженні, Па; $P_{\text{пер}}$ - розрідження у повітропровідній системі при перевірці, Па; $m = 0,16$ - коефіцієнт, який враховує, що повітропровідна система не є жорсткою; P_a - атмосферний тиск, Па.

Враховуючи те, що для апаратів на стисненому повітрі [6] обсяг повітроподаючої системи при розрідженні не перебільшує мертвого простору апарату, тобто $V_p \leq 0,2$ л, а клапан вдиху повинен спрацьовувати при створенні розрідження не більше 300 Па, то умова (5) при створенні, наприклад, перевірного розрідження $P_{\text{пер}} = 2000$ Па (більше розрідження не дозволяє створити існуюча апаратура, яка використовується під час другої перевірки [5]) виконується у тому разі, якщо швидкість падіння розрідження буде

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} \leq \frac{\omega_{\text{П1}} \cdot m \cdot P_a}{0,4 \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{ВД}}}{P_{\text{пер}}}}} = \frac{6,39 \cdot 10^{-5} \cdot 0,16 \cdot 10^5}{0,4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{300/2000}} = 32 \text{ Па/хв.} \quad (6)$$

Для перевірки цих показників, а також визначення особливостей експлуатації апаратів на стисненому повітрі були проведені експериментальні дослідження (отримані результати в узагальненому вигляді наведені на рисунках 1÷3), особливістю яких було застосування обладнання, що використовується при перевірці герметичності ізолюючого апарату під час виконання другої перевірки [5]. Відповідно і порядок дій відповідав тим, які регламентуються експлуатаційно-технічною документацією на апарат заводу-виробника. Під час перевірки апаратів, які обладнуються маскою або маскою з підпором повітря в підмасочний простір, застосовувався модернізований на кафедрі пожежно-рятувальної підготовки Національного університету цивільного захисту України пристрій "АЕРОТЕСТ"(рис. 1). В підмасочному просторі створювалось розрідження в діапазоні від 2000 Па до 750 Па. Для кожного випадку замірявся час (хв.) та величина падіння (Па) розрідження. Перед розрахунком показників, які характеризують герметичність

ізолюючого апарату приймалось припущення, що на початку роботи в апараті легенева вентиляція $\varpi_{\text{л}}$ складає близько 20 л/хв., а під час роботи в апараті на стисненому повітрі легенева вентиляція складає 40 л/хв.

Були відібрані по три АСП, які відрізнялися типом з'єднання (різьбовим або штуцерним) АСП з вибраною лицевою частиною та опором $P_{\text{вд}}$ вдиху (від підвищеного 600-650 Па до нормативного – менше 300 Па). Отримані результати швидкості падіння розрідження $\Delta p / \Delta t$ наведені в табл. 1. За ними у відповідності до (6) були розраховані показники підсосу всередину системи „АСП – органи подиху” (табл. 2) та у відповідності до (4) реальні коефіцієнти захисту АСП, які розглядались (табл. 3). Результати розрахунку загального коефіцієнта захисту (2) в залежності від типу лицевої частини, якою обладнано апарат наведені в табл. 4. В узагальненому вигляді отримані результати наведені на рис. 2 - 4.



Рис. 1. Модернізований АЕРОТЕСТ

Таблиця 1. Експериментальні оцінки швидкості падіння тиску $\Delta p / \Delta t$, Па/хв.

$P_{пер}$, Па	$P_{ВД}$ (різьба), Па			$P_{ВД}$ (штуцер), Па		
	650	300	200	600	300	200
2000	850	825	800	200	150	140
1500	700	700	675	150	100	90
1250	500	500	475	110	60	50
1000	400	400	380	75	35	25
750	340	340	325	50	20	15

Таблиця 2. Оцінки показника підсосу всередину АСП $\omega_{ПІ}$, л/хв.

$P_{пер}$, Па	$P_{ВД}$ (різьба), Па			$P_{ВД}$ (штуцер), Па		
	650	300	200	600	300	200
2000	2,423E-03	1,598E-03	1,549E-03	5,701E-04	2,905E-04	2,711E-04
1500	2,304E-03	1,565E-03	1,509E-03	4,937E-04	2,236E-04	2,012E-04
1250	1,803E-03	1,225E-03	1,164E-03	3,966E-04	1,470E-04	1,225E-04
1000	1,612E-03	1,095E-03	1,041E-03	3,023E-04	9,585E-05	6,847E-05
750	1,583E-03	1,075E-03	1,028E-03	2,327E-04	6,325E-05	4,743E-05

Таблиця 3. Оцінки коефіцієнтів захисту АСП

$P_{пер}$, Па	$P_{ВД}$ (різьба), Па			$P_{ВД}$ (штуцер), Па		
	650	300	200	600	300	200
2000	1,651E+04	2,504E+04	2,582E+04	7,016E+04	1,377E+05	1,475E+05
1500	1,736E+04	2,556E+04	2,650E+04	8,102E+04	1,789E+05	1,988E+05
1250	2,219E+04	3,266E+04	3,438E+04	1,009E+05	2,722E+05	3,266E+05
1000	2,481E+04	3,651E+04	3,844E+04	1,323E+05	4,173E+05	5,842E+05
750	2,527E+04	3,720E+04	3,892E+04	1,719E+05	6,325E+05	8,433E+05

Таблиця 4. Залежність загального коефіцієнта захисту від типу лицевої частини, якою обладнано АСП

Кз1	Маска	Шолом-маска	Маска з підпором
1,00E+05	9,09E+03	9,09E+04	9,90E+04
2,00E+05	9,52E+03	1,67E+05	1,96E+05
3,00E+05	9,68E+03	2,31E+05	2,91E+05
4,00E+05	9,76E+03	2,86E+05	3,85E+05
5,00E+05	9,80E+03	3,33E+05	4,76E+05
6,00E+05	9,84E+03	3,75E+05	5,66E+05
7,00E+05	9,86E+03	4,12E+05	6,54E+05
8,00E+05	9,88E+03	4,44E+05	7,41E+05
9,00E+05	9,89E+03	4,74E+05	8,26E+05

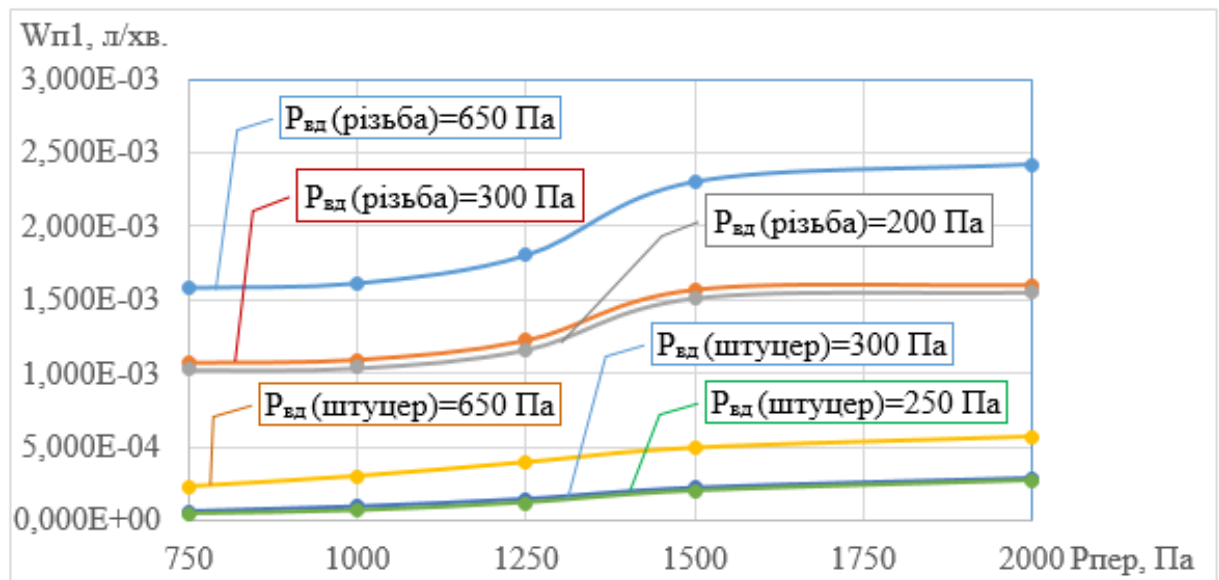


Рис. 2. Залежність підсоу всередину АСП від перевірного тиску

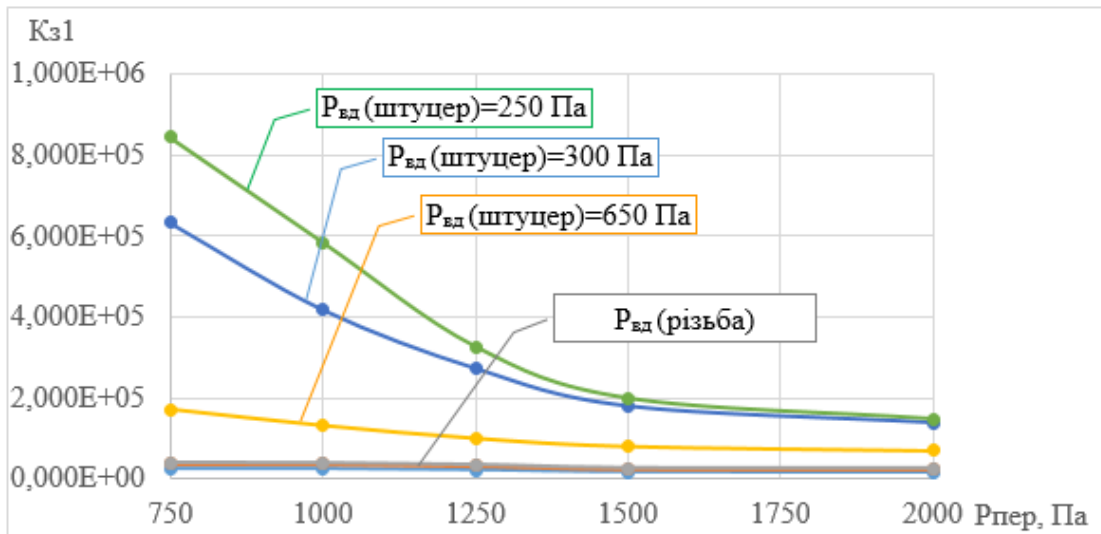


Рис. 3. Залежність коефіцієнта захисту АСП від перевірного тиску

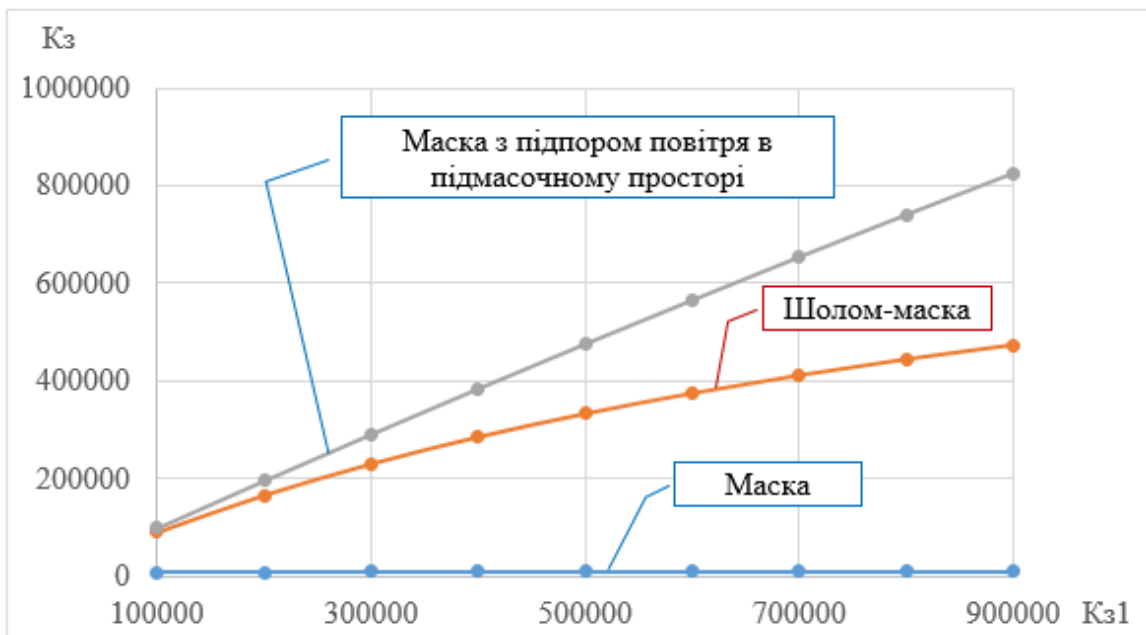


Рис. 4. Залежність загального коефіцієнта захисту від коефіцієнта захисту лицьової частини

Аналіз експериментальних результатів показав, що в пожежно-рятувальному підрозділі не зможуть дотриматись виконання вимоги (5), оскільки підвищення перевірного тиску більше того значення, яке наведено ($P_{пер} = 1000 Па$) в експлуатаційній документації, супроводжується суттєвим збільшенням (табл. 2, рис. 2) підсосу всередину АСП.

Одночасно визначено, що не можна використовувати під час роботи в осередку НС з викидами НХР апаратів, які передбачають застосування штуцерного з'єднання АСП з лицьовою частиною (рис. 3). Для того, щоб газодимозахисники могли працювати при найгірших умовах, що можуть бути в Україні, якщо не розглядати осередок з викидом хлору (коефіцієнт токсичної небезпеки дорівнює $3,6 \cdot 10^6$; необхідно працювати в комплексах засобів індивідуального захисту ампулізованого типу [7]), АСП повинен бути оздобленим маскою з підпором повітря в підмасочний простір, яка має штуцерне з'єднання з апаратом (рис.4). Враховуючи велику чутливість підсосу, а відповідно і герметичності апарату до тиску, за якого спрацьовує легеневий автомат (див. рис.1, 2),

доцільно розглянути можливість апаратного зменшення цього тиску до 200 Па. Під час чистки та миття апарату необхідно звернути особливу увагу на сушку легеневого автомату. Вимагає постійного контролю відсутність злипання клапану до сидла клапану.

Висновок. Таким чином, у якості базової комплектації ізолюючих апаратів в пожежно-рятувальних підрозділах, які можуть першими залучитись до локалізації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин, доцільно використовувати апарати на стисненому повітрі, які обладнані легеневидами автоматами, що забезпечують підпір повітря в підмасочному просторі.

1. Кодекс цивільного захисту України. Із змінами і доповненнями, внесеними законами України від 14 травня 2013 року N 224-VII, ОВУ, 2013 р., N 44, ст. 1568, від 20 червня 2013 року N 353-VII (зміни, внесені Законом України від 20 червня 2013 року N 353-VII, вводяться в дію з 1 липня 2013 року).
2. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с.
3. Кузьменко В.А., Михальська Л.Л., Щербак С.М. Аналіз можливостей використання ізолюючих апаратів під час ліквідації аварій на об'єктах із сильнодіючими отруйними речовинами. Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. Тр. АПБ Украины. Вып.12. – Харьков: Фолио, 2002. – с.162-169
4. Михальська Л.Л. Організаційно-технічні заходи при гасінні пожежі на станції нейтралізації компонентів ракетного палива ... : Автореф. дис...к-та техн. наук: 21.06.02/ АЦЗУ МНС України. – Харків, 2005. – 24 с.
5. Наказ МНС України від 16.12.2011 р. № 1342. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України
6. Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту : Навч. посіб. / В.М. Стрілець, П.А. Ковальов, П.Ю. Бородич, С.В. Росоха. – Х. : НУЦЗУ, 2014. – 360 с.
7. Васильев М.В. Аналіз герметичності комплексу засобів індивідуального захисту першого типу / М.В. Васильев, В.М. Стрілець, В.В. Коврегін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2010. – № 11.– С.29-38.

В.А. Андронов, В.М. Стрелец

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТОВ НА СЖАТОМ ВОЗДУХЕ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ВЫБРОСАМИ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Выполнено экспериментальное определение особенностей использования изолирующих аппаратов пожарными-спасателями во время ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросами опасных химических веществ. Показано, что в качестве базовой комплектации в пожарно-спасательных подразделениях целесообразно использовать аппараты на сжатом воздухе, оснащенные легочными автоматами, которые обеспечивают подпор воздуха в подмасочном пространстве.

V.A. Andronov, V.M. Strelec

DEFINING FEATURES OF THE USE OF SCBA WITH THE EMERGENCY RESPONSE TO RELEASES OF HAZARDOUS CHEMICALS

An experimental determination of the features of using insulating devices fire-rescue teams during emergency response to releases of hazardous chemicals. It is shown that, as a basic set in fire and rescue units appropriate to use SCBA, fitted with lung machine, which ensure air overpressure inside the front part.

УДК 551.463.2 + 004.386

**М.М. ДИВИЗИНЮК, Н.В. КОНОВАЛЕНКО, С.В. ЛАЗАРЕНКО,
А.В. ФАРРАХОВ**

ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев

**РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЮДЕЙ КАК СРЕДСТВО
ВЫЯВЛЕНИЯ ПРЕДПОСЫЛОК ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА**

В работе рассматривается разработка лабораторная установка, реализующая математическую модель радиолокационного обнаружения опасных целей на подходах к охраняемому потенциально опасному объекту. Показаны режимы работы лабораторной установки и предложена методика проведения численных экспериментов с ее использованием.

Введение

Предотвращение чрезвычайных ситуаций террористического характера на охраняемых потенциально опасных объектах и объектах критической инфраструктуры – актуальная государственная задача, решением которой занимаются административные государственные и научные структуры, практические работники и учёные [1, 2]. На ядерных и других охраняемых объектах частное решение этих задач осуществляется системами физической защиты объекта путём контроля прилегающих территорий с использованием оптоэлектронных, акустических, контактных и радиолокационных средств [3, 4]. Преимущество радиолокационных средств состоит в их способности обнаруживать различные цели независимо от прозрачности воздушной среды и времени суток. Главными факторами, влияющими на обнаружение целей, являются параметры радиолокационных станций, такие как излучаемая мощность, чувствительность приемника, усиливающие действие антенны и коэффициент распознавания индикаторных устройств [5-8]. Однако вопрос обнаружения людей, злоумышленников или террористов, приближающихся к охраняемому потенциально опасному объекту, остается открытым.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью данной работы является разработка лабораторной установки, реализующих математическую модель радиолокационного обнаружения опасных целей на подходах к охраняемому потенциально опасному объекту.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Первоначально рассмотреть разработанную лабораторную установку и режимы ее использования. Затем предложить методику проведения численных экспериментов на ее основе.

Лабораторную установку и режимы ее использования

Первая лабораторная установка представляет собой совокупность аппаратно-программных средств, реализующих математическую модель радиолокационного обнаружения опасных целей на подходах к охраняемому потенциально опасному объекту в среде Quartus на алгоритмическом языке VHDL.

Лабораторная установка работает в трёх режимах, каждый из которых обеспечивает расчёт соответствующего значения формулы (искомого параметра по заданным входным данным).

Первый режим – расчёт ожидаемой дальности действия радиолокационной станции. Алгоритм работы лабораторной установки в этом режиме представлен на рис. 1. Он состоит из четырёх уровней. На первом осуществляется ввод данных, которые

принципиально разделяются на четыре блока. Это блок параметров РЛС, цели, среды и рельефа.

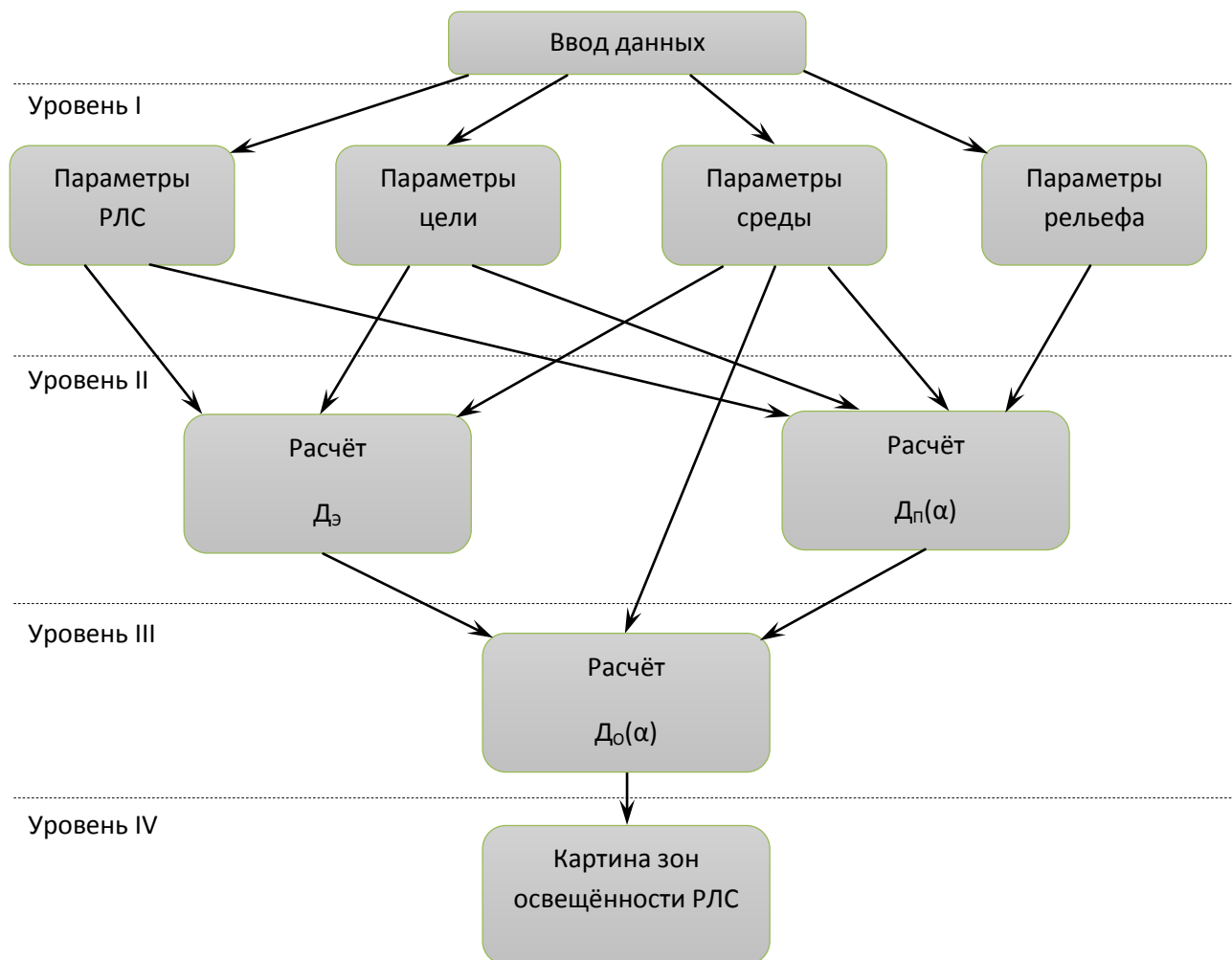


Рис. 1. Алгоритм работы первой лабораторной установки в первом режиме

Блок параметров РЛС должен быть заполнен основными следующими параметрами, которые также называют главными параметрами радиолокационной станции. Это коэффициент распознавания δ , который является безразмерной величиной и теоретически может изменяться от 0,1 до 10 единиц. Второй параметр $P_{пр}$ – чувствительность приёмника РЛС, измеряется в ваттах. Диапазон измерений от 10^{-14} до 10^{-8} Ватт. Коэффициент усиления антенны $K_{ус}$ – безразмерная величина. В зависимости от конструктивных особенностей антенны может изменяться от нескольких десятков до нескольких тысяч единиц. Импульсная мощность радиолокационной станции $P_{им}$, как и чувствительность приёмника измеряется в ваттах. Предел измерений от $0,1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^6$ Ватт. Рабочая частота или длина волны РЛС. Диапазон измерений от $3 \cdot 10^{-3}$ м до $3 \cdot 10^2$ м. Высота расположения антенны РЛС. Она измеряется в единицах и десятках метров. В случаях, когда необходимо получить картину зон освещённости РЛС, вводят ещё один параметр – ширину характеристики направленности системы в вертикальной плоскости. Она измеряется в градусах и колеблется от $10-15^\circ$ до $40-60^\circ$.

Параметры цели. Здесь вводится радиус эквивалентной отражающей сферы $R_э$. Диапазон измерений от 10^{-3} до 10^3 м. В некоторых случаях, когда речь идёт о распределённых целях, может вводиться длина или протяжённость цели, которая

измеряется в таких же пределах. Высота цели измеряется в метрах и изменяется от 0,1 до 10^5 м.

Параметры среды. Они определяются коэффициентом радиолокационной наблюдаемости. Он является безразмерной величиной и изменяется в пределах от 0,1 до 10. Программный продукт также предусматривает ввод данных изменения температуры по высоте. Это может производиться как в ручном режиме, так и в автоматическом с использованием цифровых приёмников данных от аэрозондов и автоматизированным метеостанций. При вводе этих данных также может устанавливаться термическая тенденция в атмосфере, одна из трёх. Первая тенденция – изотермия, когда температура с высотой не изменяется, что в свою очередь приводит к постоянству диэлектрической проницаемости приземного воздуха. В этом случае коэффициент радиолокационной наблюдаемости (аномалии среды) колеблется около единицы. Вторая тенденция – конвенция, когда температура воздуха с высотой уменьшается, что приводит к отрицательной рефракции, искривлению электромагнитных лучей вверх. В этом случае коэффициент радиолокации меньше единицы. Третья тенденция – инверсия, когда температура воздуха с высотой растёт. В этом случае коэффициент радиолокационной наблюдаемости больше единицы.

Второй параметр среды – это коэффициент объёмного затухания электромагнитных волн в атмосфере. Он зависит, главным образом, от высоты (длины волны) электромагнитных колебаний и влажности атмосферного воздуха. Считается, что для стандартной атмосферы ($P_a=760$ мм рт. ст. или 10^5 Па, температуры 10°C) в зависимости от высоты и частоты он будет изменяться как указано в таблице 1 (в децибелах на километр).

Таблица 1. Значение коэффициента объёмного затухания

Влажность, %	30-40	60-70	85-90
Длина волн, м			
300	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
30	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$
3	$2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$
0,3	0,2	0,5	0,8
0,03	2	5	8
0,003	20	50	80

Блок параметров рельефа. Строго говоря, это цифровая карта местности, на которой расположен охраняемый объект с географической привязкой всех радиолокационных станций, местных ориентиров и других географических особенностей. В свою очередь, с использованием ГИС технологий, цифровая карта позволяет получать вертикальный разрез местности по любому из направлений для любой выбранной точки в пределах этой карты. Для работы в первом режиме лабораторной установки выбирается как правило одно из направлений с характерным для всего района профилем рельефа.

После ввода данных производится первый этап расчётов. Здесь, на втором уровне управляющего алгоритма, производится расчёт энергетической и геометрической дальностей отображения. В первом случае рассчитывается энергетический потенциал РЛС и закономерность спада интенсивности электромагнитного поля. На уровне соответствия получаем энергетическую дальность обнаружения конкретной цели. Второй расчёт проводится на основании выбранного профиля высоты расположения антенны РЛС и высоты цели (полёта цели). Если направление цели не задано, то оно производится от 0 до 360° (или в заданном секторе от 30° до 360° по граничным азимутам). Дискретность расчётов по направлению может быть от $0,5^\circ$ до 10° .

На третьем уровне управляющего алгоритма производится сопоставление энергетической и геометрической дальности обнаружения. В случае одного расчёта

(одного направления) происходит одно сравнение и получается в итоге один результат. В случае серийного или группового расчёта происходит набор сравнений, в соответствии с которым представляются полученные результаты.

На четвёртом уровне, в зависимости от выполненных расчётов и выбора интерфейса представления выходных данных, они могут отображаться либо в табличном варианте, либо в плоскостной картине зон освещённости РЛС, а именно время обзора пространства, которое характеризуется количеством оборотов станции в минуту $N_{обр}$ и коэффициентом распознавания станции.

Рассчитывая коэффициент распознавания на этапе проектирования станции, как правило, выбирают один из шести критериев обнаружения. Для каждого соответствует своя вероятностная оценка обнаружения и соответствующее время работы поисковой системы. Для первого критерия (3x3) требуется получение трёх отражённых эхосигналов на каждый излучённый радиоимпульс, как показано на рис.2. На графике б) видно, что за время $3T$ было излучено 3 импульсных сигнала, на которые принято 3 ответных (эхо) сигналов. Критерием принимается, что один импульсный сигнал – это одноразовое облучение цели, при проходе характеристики направленности антенны при её вращении через область прохождения цели. Строго говоря, изображение на графиках а) и б) импульсы не являются пачками импульсов. Первый критерий достаточно строгий, но время критерия равно трём облучениям, то есть времени равному трём оборотам антенны РЛС.

Второй критерий (4x4) требует получения четырёх отражённых сигналов, на четыре облучения цели, как показано на графике в). Этот критерий с одной стороны является ещё более строгим, с другой требует ещё больше времени на принятие решения о наличии или отсутствии цели. В случае если из четырёх облучений будет один пропуск, как показано на графике г), поисковая система принимает решение об отсутствии цели. Получается в этом случае, что при достаточно высокой вероятности правильного обнаружения, вероятность пропуска цели серьёзно возрастает.

Третий критерий (4x3) требует получения трёх отражений при четырёхкратном облучении цели. Этот критерий по сравнению с предыдущими, значительно уменьшает вероятность пропуска цели, сохраняя при этом достаточно высокий уровень правильного обнаружения.

Четвёртый критерий (5x5) требует получения пяти отражённых сигналов при пятикратном облучении цели подряд. Это самый строгий критерий, который обеспечивает самую высокую вероятность правильного обнаружения. Однако при использовании этого критерия возрастает не только время работы поисковой системы в целом, но существенно растёт и вероятность пропуска радиолокационной цели. Для уменьшения этой вероятности используют критерий (5x4) – график е) и (5x3) график ж). Эти критерии требуют при пятикратном облучении цели получение четырёх и трёх эхосигналов соответственно. Эти критерии являются более гибкими, особенно шестой (5x3) и наиболее часто используются в поисковых системах.

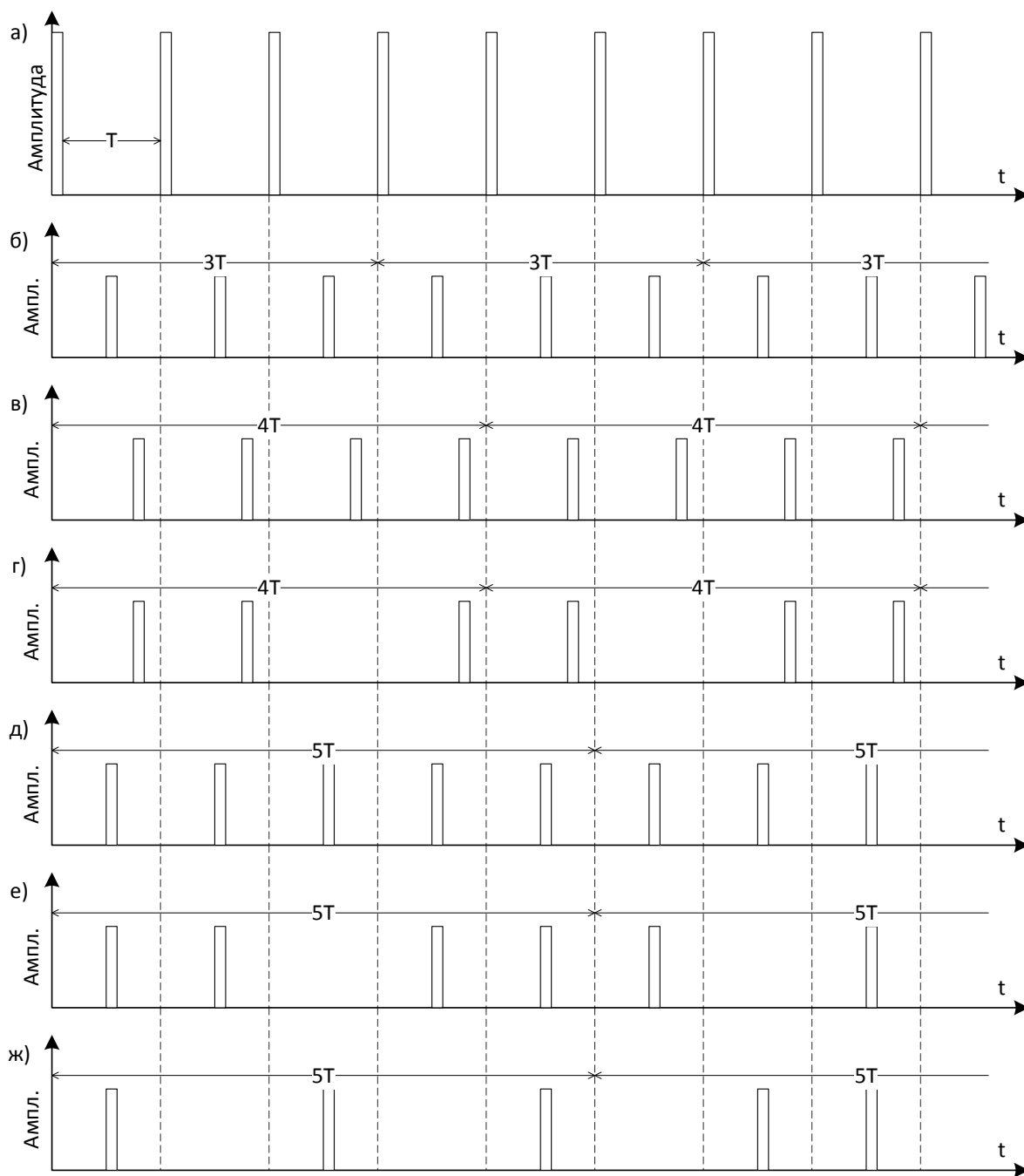


Рис. 2. Схема, поясняющая критерии обнаружения

Устанавливая один из шести критериев получаем рабочее время поисковой системы в состав которой входит одна РЛС. Соответственно если одно и то же пространство будут облучать две или три радиостанции, то время работы поисковой системы по идентификации цели будет увеличиваться в два и три раза.

Третий режим лабораторной установки, по полученному времени идентификации (рабочему времени поисковой системы, которое в ряде случаев называют временем принятия решения оператором об обнаружении цели), рассчитанных ожидаемых зон обнаружения цели позволит определить вероятность её обнаружения в контролируемой зоне. Безусловно параметры контролируемой зоны вводятся в цифровую карту, которая обеспечивает работу первого режима. Остаётся ввести только время прохождения цели в контролируемой зоне. Это время определяется руководителями службы физической защиты охраняемого объекта и получаются, как правило из оперативно-разведывательных источников.

Методика проведения численных экспериментов

Методика проведения экспериментов с использованием первой лабораторной установки предусматривает выполнение следующих последовательных действий:

1. Определение главных технических параметров РЛС, а именно: частоты (длины волны) излучения, коэффициента распознавания, чувствительности приёмника, коэффициента усиления антенны, импульсной мощности. А также вторичных технических параметров: высоты расположения антенны, скорости обзора пространства, вертикального раскрытия антенны – ширины характеристики направленности в вертикальной плоскости.

2. Расчёта закономерности спада интенсивности электромагнитного поля как суммы двух слагаемых, а именно: уменьшение интенсивности за счёт расширения фронта электромагнитной волны при её распространении в распределённой воздушной среде.

3. Определение силы цели или площади отражающей поверхности одной, двух или большего количества целей.

4. Расчёт значения энергетического потенциала РЛС по каждой выбранной цели РЛС.

5. Нахождение соответствия фиксированного значения энергетического потенциала значению закономерности спада электромагнитного поля.

6. Определение значения дальности при котором достигается равенство энергетического потенциала РЛС и закономерности спада электромагнитного поля.

7. Определение геометрической дальности обнаружения целей в соответствии с вертикальным профилем рельефа местности в районе ожидаемого обнаружения.

8. Определение коэффициента аномалии среды (радиолокационного наблюдения) и корректировка окончательного значения ожидаемой дальности обнаружения выбранной цели по определённому направлению в заданных гидрометеорологических условиях.

На этом численный эксперимент завершается.

Выводы

Таким образом, первая лабораторная установка представляет собой совокупность аппаратно-программных средств, реализующих математическую модель радиолокационного обнаружения опасных целей на подходах к охраняемому потенциально опасному объекту, которая по техническим характеристикам радиолокационной станции, отражающим параметрам опасных целей, параметрам приземных слоёв земли и особенностей рельефа местности позволяет проводить расчёт ожидаемой дальности обнаружения этих целей, время, необходимое для их идентификации и вероятность их обнаружения в контролируемой зоне вокруг охраняемого объекта.

1. Гончаренко Ю.Ю. Оценка эффективности управления чрезвычайной ситуацией / Ю.Ю. Гончаренко, Е.В. Азаренко, Ю.В. Браславский и др. // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. - Вып. 2 (38). - Севастополь: СНУЯЭиП, 2011. - С. 239 - 245.

2. Гончаренко Ю.Ю. Защита информации - как один из ключевых аспектов предотвращения чрезвычайных ситуаций / Ю.Ю. Гончаренко, Е.Е. Сычков, В.В. Рыбко // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. - Вип. 1 (41). - Севастополь: СНУЯЕтаП, 2012. - С. 207 - 211.

3. Гончаренко Ю.Ю. Структура контура управления информационной безопасностью предприятия / Ю.Ю. Гончаренко // Научно-практический журнал «Экономика и управление». - №5. - Симферополь: НАПКС, 2012. - С. 97 - 101.

4. Радиолокационные устройства [Теория и принципы построения]. - М.: «Советское радио», 1970. - 680 с.

5. Широков. Ю.Ф. Основы теории радиолокационных систем. - Самара: ГАЭУ, 2012. 128 с.
6. Бакулев П.А. Радиолокационные и радионавигационные системы / П.А. Бакулев, А.А. Сосновский// Учебн. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1994. 296с.
7. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации/ Учебн. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1992. 304с.
8. Информационные технологии в радиотехнических системах Учебн. Пособие -2-изд., перераб. и доп. / В.А. Васин, И.Б. Власов и др. Под ред. И.Б.Федорова -М. Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. 768с.

М.М. Дівізінюк, М.В. Коноваленко, С.В. Лазаренко, О.В. Фаррахов
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ ЛЮДЕЙ ЯК ЗАСІБ ВИЯВЛЕННЯ
ПЕРЕДУМОВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕРОРИСТИЧНОГО ХАРАКТЕРУ

В роботі розглядається розробка лабораторна установка, яка реалізує математичну модель радіолокаційного виявлення небезпечних цілей на підходах до охоронюваного потенційно небезпечного об'єкту. Показані режими роботи лабораторної установки і запропонована методика проведення чисельних експериментів з її використанням.

M.M. Divizinyuk, N.V. Konovalenko, S.V. Lazarenko, A.V. Farrakhov
RADAR DETECTION OF PERSONS AS A MEANS OF IDENTIFYING
BACKGROUNDS EMERGENCY TERRORIST NATURE

The paper deals with the development of laboratory apparatus that implements a mathematical model of radar detection of dangerous targets on the approach to protected potentially dangerous objects. Showing modes laboratory setup and the technique of numerical experiments with its use.

УДК 351.861

Д.В. ТАРАДУДА

Національний університет цивільного захисту України, м Харків

ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ТЕРОРИСТИЧНИМИ АКТАМИ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

В роботі наведено класифікацію надзвичайних ситуацій, пов'язаних з терористичними актами, визначено особливості та проведено їх характеристику, створено передумови для кількісної оцінки можливості їх виникнення з метою подальшої розробки комплексу організаційних та технічних превентивних заходів.

Вступ.

У світі щорічно виникають тисячі складних надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають мільярдів доларів. В Україні ж ситуація ускладнюється тим, що у зв'язку з небезпечними соціальними та військовими явищами, аварії та катастрофи можуть мати терористичний характер. Саме тому виникає необхідність у вивченні таких НС для подальшої розробки комплексу організаційних та технічних заходів їх попередження.

На сучасному етапі тероризм набув міжнародного, глобального характеру. Якщо порівняно недавно про тероризм можна було говорити як про локальне явище, то зараз незаперечно можна стверджувати, що глобалізація і все більш широка інтернаціоналізація тероризму – це факт, перед яким опинилося людство.

Терор завжди веде до жертв, перш за все, серед цивільного населення, а також завдає значних матеріальних збитків. Для досягнення своїх цілей терористи можуть використовувати великі промислові об'єкти (електростанції, хімічні комбінати, нафтопереробні заводи, інші потенційно небезпечні об'єкти). Приклад терористичних актів у вересні 2001 р. у США свідчить про реальну загрозу ядерного тероризму, а саме: пошкодження або зруйнування ядерних реакторів, що може повторити масштаби Чорнобильської катастрофи. Існує також загроза виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з терористичними актами на хімічних складах, підприємствах хімічної промисловості, в технологічному процесі яких використовують небезпечні хімічні речовини. Надзвичайні ситуації, пов'язані з терористичними актами на таких об'єктах хоча і не поширене явище, але масштаби наслідків від них – катастрофічні.

Постановка задачі та її вирішення.

Абсолютно зрозуміло, що тероризм – явище не нове, але ще не достатньо досліджене. Тому сьогодні в Україні вивчення особливостей та характеристик надзвичайних ситуацій, пов'язаних з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах, з метою розробки ефективних превентивних заходів, потребує особливої уваги.

До надзвичайних ситуацій, пов'язаних з терористичними актами відносимо надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру (протиправні дії антиконституційного спрямування) та надзвичайні ситуації воєнного характеру.

Надзвичайна ситуація соціально-політичного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування, або пов'язане із зникненням (викраденням) зброї та небезпечних речовин, нещасними випадками з людьми тощо [1].

Надзвичайна ситуація воєнного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене застосуванням звичайної зброї або зброї масового ураження, під час якого

виникають вторинні чинники ураження населення [1].

Надзвичайні ситуації, пов'язані з терористичними актами можна класифікувати за місцями їх виникнення (рис. 1):

- на державних, регіональних, міських підприємствах і системах управління;
- на транспорті;
- на підприємствах промисловості (потенційно небезпечних об'єктах);
- в установах та організаціях громадського призначення, на підприємствах постачання та інженерних комунікаціях.



Рис. 1. Класифікація надзвичайні ситуації, пов'язані з терористичними актами

Розглянемо детальніше надзвичайні ситуації, пов'язані з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах.

Терористичний акт, скоєний на промисловому об'єкті, як вид стратегічної небезпеки, що створює умови до виникнення аварій та катастроф (людські жертви, вибухи, пожежі, викиди отруйних і радіоактивних речовин та ін.) відносимо до надзвичайних ситуацій терористичного характеру.

Однією з форм об'єктивної сторони терористичного акту [2] – є застосування зброї (використання її вражаючих властивостей проти життя, здоров'я, майна чи довкілля), вчинення вибуху, підпалу чи інших дій (застосування радіоактивних, отруйних та інфекційних речовин, біотероризм, затоплення, обвали, каменепаді, газові атаки, зруйнування будівель, споруд, доріг, засобів зв'язку, пошкодження об'єктів довкілля, нафтових родовищ, систем життєзабезпечення тощо), які створюють небезпеку для життя чи здоров'я людини або заподіяння значної майнової шкоди чи настання інших тяжких наслідків;

Найбільш поширеними у світі терористичними актами є напади на державні або промислові об'єкти [3]. Це пояснюється тим, що виробнича діяльність потенційно небезпечних об'єктів, пов'язана з наявністю в них великої кількості хімічно небезпечних, легкозаймистих, вибухо- і пожежонебезпечних речовин, представляє серйозну загрозу екологічній безпеці територій. Надзвичайні ситуації на таких об'єктах призводять до великих матеріальних збитків, а також: є ефективним засобом залякування та демонстрації сили. Ці особливості відносять потенційно небезпечні об'єкти до числа вразливих у терористичному відношенні.

Створення надзвичайної ситуації терористичного характеру на потенційно небезпечному об'єкті спрямовано на руйнування або виведення з ладу технологічних

систем об'єкту з метою дестабілізації випуску, переробки, перевезення, зберігання продукції; хімічне або радіоактивне забруднення місцевості; знищення людей, поширення паніки серед населення; тиск на державні органи з метою задоволення політичних чи економічних вимог і т.д.

Основною особливістю надзвичайних ситуацій терористичного характеру є **лихий намір**.

Надзвичайні ситуації терористичного характеру на потенційно небезпечних об'єктах в свою чергу можна класифікувати за наступними видами терористичного акту, що провокують їх виникнення:

1. Надзвичайна ситуація в результаті традиційного терористичного акту – терорист (група осіб) не законним шляхом або під прикриттям потрапляє на територію потенційно небезпечного об'єкта, здійснює терористичний акт будь-якою з форм цього злочину, що провокує виникнення надзвичайної ситуації з важкими наслідками. Один з таких випадків відзначений у 1972 році, коли стався вибух заводу в м. Гамбург.

2. Надзвичайна ситуація в результаті так званого «автомобільного» тероризму, коли завантажений вибухівкою автомобіль чи інший транспортний засіб направляється до будівель потенційно небезпечного об'єкта, що провокує порушення цілісності технологічного обладнання чи будівель та виникнення надзвичайної ситуації. У 1983 році такий вид надзвичайної ситуації терористичного характеру вперше було організовано в Лівії та Бейруті.

3. Існують побоювання з приводу виникнення нового виду надзвичайних ситуацій в результаті «електронного» тероризму, коли від впливу потужного потоку електромагнітного випромінювання можуть бути виведені з ладу системи контролю параметрів технологічного процесу або системи контролю і забезпечення безпеки потенційно небезпечного об'єкта, що в свою чергу може призвести до порушення технологічного процесу та виникнення надзвичайної ситуації.

4. Завдяки сучасним передовим технологіям існує можливість виникнення надзвичайних ситуацій в результаті застосування терористами наведеного землетрусу, спрямованого на конкретний потенційно небезпечний об'єкт. Сила таких землетрусів може перевищувати 6 балів за шкалою Ріхтера. До прикладу вибух на заводі добрив у м. Вест, США, який стався 17 квітня 2013 року. Причиною вибуху стало загоряння на території заводу одного з резервуарів з безводним аміаком. За офіційними даними у результаті вибуху загинуло 14 осіб (4 з них – пожежні, які на момент вибуху гасили пожежу на заводі) понад 160 осіб зазнали поранень, від 35 до 40 осіб вважають зниклими безвісти. Вибухом зруйновано будинки у радіусі 25 кілометрів від епіцентру катастрофи. Геологічна служба США повідомила, що вибух спровокувало коливання земної поверхні магнітудою 2,1 бали, хоча м. Вест знаходиться у безпечній з погляду сейсмологічної активності зоні і до цього випадку тут землетрусів не фіксували.

5. Ще одним видом надзвичайних ситуацій терористичного характеру є віддалене застосування важкої зброї до комунікацій, технологічного обладнання чи будівель потенційно небезпечного об'єкта, що провокує виникнення вибуху з важкими наслідками. Попередження такого виду надзвичайних ситуацій є зараз дуже актуальним питанням для України, враховуючи ту кількість зброї, яка безконтрольно потрапляє на її територію із зони проведення антитерористичної операції, а також для забезпечення безпеки потенційно небезпечних об'єктів у самій зоні. Так, один з найпотужніших вибухів за час проведення АТО стався 20 жовтня 2014 року у м. Донецьк в результаті потрапляння військового снаряду в завод хімічних виробів. Вибухова хвиля знищила застосування стадіону «Донбас Арена», обвалила один з його секторів, зруйновано щонайменше 20 приватних та багатоповерхових будинків, загинули мирні жителі.

Як показує статистика, надзвичайні ситуації, пов'язані з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах можуть призвести до особливо важких наслідків. Як приклад можна привести надзвичайну ситуацію, що трапилася на хімічному комбінаті

компанії Badische Anilin- & Soda-Fabrik в німецькому м. Оппау (сьогодні частина м. Людвігсхафен-на-Рейні). Побудований в 1913 році завод став першим у світі підприємством, на якому був освоєний каталітичний синтез аміаку за методом Габера. Під час Першої Світової війни завод в м. Оппау також робив бойові отруйні речовини, а після капітуляції Німеччини був переведений на випуск продукції господарського призначення. 21 вересня 1921 року там стався подвійний вибух, в результаті якого загинуло близько 600 людей і понад 1,5 тис. отримали поранення. Однією з причин вибуху називають диверсію британської терористичної групи.

Аналіз стану антитерористичної захищеності потенційно небезпечних об'єктів [4] (рівень підготовленості об'єкта до зниження ймовірності виникнення джерела надзвичайної ситуації терористичного характеру і пом'якшення її наслідків у разі реалізації терористичних актів, що забезпечують прийнятний ризик її виникнення [5]) показує, що, незважаючи на неодноразові терористичні прояви, заходи з її підвищення носять періодичний і безсистемний характер. Це проявляється у слабкій технічній оснащеності об'єктів, низькому рівні підготовки працівників.

Аналіз статистичної інформації щодо терористичної діяльності в Україні показав, що на можливість здійснення терористичного акту стосовно потенційно небезпечного об'єкта впливають:

- місце розташування об'єкта на території країни;
- кількість об'єктів, що представляють інтерес для терористів;
- його привабливість і доступність для терористів у порівнянні з іншими об'єктами.

Вивчення особливостей надзвичайних ситуацій терористичного характеру на потенційно небезпечних об'єктах, їх видів та причин виникнення дозволило розробити стратегію забезпечення безпеки таких об'єктів від терористичних проявів, а саме застосування системних заходів за наступними чотирма напрямками:

- усунення причин, негативних факторів і умов, що породжують або сприяють виникненню терористичних проявів на об'єкті;
- адекватне і своєчасне реагування на негативні процеси, які становлять загрозу безпеки об'єкта;
- надання ефективної допомоги правоохоронним органам і спецслужбам у їх боротьбі з терористичними проявами;
- пом'якшення та мінімізація наслідків терористичних актів, які не вдалося запобігти.

Застосування описаної стратегії як мінімум дозволить підвищити рівень антитерористичної захищеності потенційно небезпечних об'єктів; як максимум виключить можливість виникнення надзвичайних ситуацій терористичного характеру в цілому і можливість здійснення терористичних актів шляхом несанкціонованого впливу на умови експлуатації таких об'єктів зокрема.

Висновки. Таким чином, надзвичайні ситуації, пов'язані з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах хоча і є рідкісним явищем, але масштаби наслідків від їх виникнення є значними. Тому при проведенні аналізу потенційної небезпеки об'єктів контролю, з метою визначення найбільш ефективних напрямків підвищення рівня безпеки, обов'язково необхідно враховувати кількісну оцінку можливості виникнення таких надзвичайних ситуацій. Виходячи із результатів аналізу особливостей та їх характеристики, кількісну оцінку можливості виникнення таких надзвичайних ситуацій можна віднести до **показників небезпеки зовнішнього впливу**, до яких також відносяться імовірність виникнення надзвичайної ситуації в результаті каскадного розвитку аварії на сусідньому об'єкті, що є актуально, враховуючи велику щільність забудови та техногенну перевантаженість великих міст; аварії на об'єктах енергетики та водопостачання, що можуть негативно вплинути на штатне протікання технологічного процесу; кількісна оцінка можливості виникнення інших зовнішніх факторів природного та антропогенного характеру, що чинять негативний вплив на безпеку об'єкта контролю.

1. Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій; Постанова Кабінету Міністрів України від 15.07.1998 № 1099 [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Електрон. дан. – 2016. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1099-98-%D0%BF>.
2. Кримінальний кодекс України Верховна Рада України; Кодекс України, Кодекс, Закон від 05.04.2001 № 2341-III [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Електрон. дан. – 2016. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2341-14/page>.
3. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Зацарний; за ред. Є. П. Желібо і В. М. Пічі. – Львів: «Новий Світ-2000», 2002. – 328 с.
4. Тарадуда Д. В. Попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах військово-промислового комплексу з аміачними холодильними установками: дис. ... кандидата техн. наук: 21.02.03 / Тарадуда Дмитро Віталійович. – К., 2016. – 150 с. ДСК Екз. № 0003.
5. О противодействии терроризму / Федеральный закон от 06.03.2006 N 35-ФЗ. [Електронний ресурс] / Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Електрон. дан. – 2016. – Режим доступу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173583/.

Д. В.Тарадуда

ХАРАКТЕРИСТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

В работе приведена классификация чрезвычайных ситуаций, связанных с террористическими актами, определены особенности и проведена их характеристика, созданы предпосылки для количественной оценки возможности их возникновения с целью дальнейшей разработки комплекса организационных и технических превентивных мер.

D.V. Taraduda

CHARACTERISTICS OF EMERGENCIES ASSOCIATED WITH TERRORIST ACTS POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS

In this work presents classification of emergencies associated with terrorist acts, defined by features and carried out their characteristics, prerequisites were created to quantify the possibility of their occurrence in order to further development of a complex organizational and technical preventive measures.

УДК 551.463.2

Е.В. АЗАРЕНКО, Ю.Ю. ГОНЧАРЕНКО, М.М. ДИВИЗИНЮК, А.С. РЫЖКИН
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

В работе проанализированы порядок создания защитных сооружений и укрытий, их состояние в настоящее время. Рассмотрены особенности конструкций современных зданий по обеспечению пожарной безопасности. Сформулирован новый подход к защите населения от аварий и катастроф на потенциально опасных объектах, состоящий в укрытии большого числа людей в защитных помещениях, где может быть создан подпор воздуха.

Введение

Появление в середине двадцатого века ядерного оружия заставило противоборствующие коалиции стран Варшавского договора и стран НАТО строить специальные убежища для защиты войск и мирного населения от его поражающих факторов, в первую очередь от ударной волны, проникающей радиации и радиоактивного заражения [1-6]. После распада Союза и коалиции Варшавского договора изменились приоритеты угроз. На первое место вышла задача защиты людей от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, особенно от последствий пожаров, аварий и катастроф происходящих на техногенных объектах, таких как АЭС, химические и нефтехимические производства и другие [7-10]. Здесь необходим другой, новый подход для защиты населения и территории. Разработка этих новых подходов является актуальной научной задачей, которую предстоит решать и ученым и практическим работникам государственной системы гражданской защиты.

Постановка цели и задач научного исследования.

Целью данной работы является разработка новых подходов (предпосылок) к защите населения и территорий от последствий чрезвычайных ситуаций, происходящих на потенциально опасных объектах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во первых, проанализировать состояние существующих защитных сооружений в государственной системе гражданской защиты. Во вторых, рассмотреть особенности конструкций современных зданий по обеспечению пожарной безопасности и сформулировать новый подход к защите населения и территорий.

Характеристика защитных сооружений в государственной системе гражданской защиты

В соответствии с советской военной доктриной защитные сооружения для населения строились заблаговременно по особому указанию. Как правило, это были отдельные сооружения или встроенные в подвальную часть зданий. Они рассчитывались на длительный срок эксплуатации. В мирное время предусматривалась возможность использовать эти сооружения в различных хозяйственных и бытовых целях. В современных условиях защитные сооружения разделяют на убежища, противорадиационные укрытия и простейшие укрытия.

Современные убежища – это сложные в техническом отношении сооружения, оборудованные комплексом различных систем и измерительных приборов, которые должны обеспечивать требуемые нормативные условия жизнеобеспечения людей в течение расчетного времени. По вместимости их условно разделяют на убежища малой

местимости – от 150 до 600 человек, средней вместимости – от 600 до 2000 человек и большой вместимости – свыше 2000 человек. Убежища должны обеспечивать надежную защиту людей от ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения при ядерных взрывах, от отравляющих веществ и бактериальных средств, а также от высоких температур и вредных газов в зоне пожаров.

Убежище состоит из основного помещения, комнаты матери и ребенка, медицинского пункта, шлюзовых тамбуров, фильтровентиляционной камеры и санитарного узла. Убежище должно иметь два выхода. В строении убежища, расположенного в подвальных частях здания, должен быть аварийный выход. Все выходы из убежищ должны быть оборудованы защитными герметическими дверями, которые располагаются в шлюзовых тамбурах и обеспечивают сохранение защитных свойств основного и других помещений убежища при проходе в него людей.

В убежище оборудуются системы водоснабжения, канализации, отопления, освещения и устанавливаются средства телекоммуникации. В основном помещении должны быть скамьи из расчета $0,45 \times 0,45$ м на человека, и нары для лежания из расчета $0,55 \times 1,8$ м на человека. Высота в основных помещениях должна быть не менее 2,2 м, а общий объем воздуха на одного человека должна быть не менее $1,5 \text{ м}^3$. Максимальная вместимость убежища определяется из нормы $0,5 \text{ м}^2$ в защищенном помещении на одного человека. В убежищах применяются фильтровентиляционные установки. С их помощью наружный воздух очищается от радиоактивных, отравляющих и других веществ и подается в герметичные помещения. Кроме этого каждое убежище должно быть укомплектовано средствами для ведения радиационной и химической разведки, инвентарем, включая средства аварийного освещения и радиосвязи.

Для приведения убежища в готовность должен выполняться комплекс организационно-технических мероприятий, так как в мирное время они используются под склады и другому назначению. В пост советское время в независимой Украине, в девяностые годы и в начале нового века отдельно стоящие помещения практически повсеместно использовались как складские. Это привело к тому, что основное оборудование внутри помещений оказалось уничтоженным (разломанным, выведенным из строя, украденным и т.д.). Вследствие этого в настоящее время эти убежища не подлежат восстановлению и переданы в частные руки. Сохранившиеся убежища (которые удалось сохранить), к сожалению, не могут использоваться. Это вызвано тем, что имеющиеся фильтровентиляционные установки в этих убежищах используют фильтры, изготовленные еще во время Союза. Они и морально и физически устарели и уже не могут выполнять современные технические условия по очистке фильтруемого воздуха от радиоактивных, отравляющих и других опасных веществ.

Современные противорадиационные укрытия – это защитные сооружения, обеспечивающие защиту укрывающихся в них людей от заражения радиоактивными веществами и от радиоактивного облучения в зонах радиоактивного загрязнения местности. Их принято делить на группы. В первую группу входят укрытия, заблаговременно построенные в мирное время. Ко второй группе относятся быстровозводимые укрытия, которые строятся в кратчайшие сроки в особый период. Они могут возводиться из специальных конструкций, которые хранятся на специальных складах и используются в случае необходимости. Они могут строиться из местных материалов, таких как бревна, жерди, доски, хворост, камень и других побочных материалов. В третью группу входят сооружения хозяйственного назначения (погреб, подполья, овощехранилища) и обычные жилые строения, приспособленные под укрытия.

Защитные свойства укрытий определяются коэффициентом ослабления радиации, который зависит от толщины ограждающих конструкций, а также от энергии гамма-излучений. Все защитные сооружения, выполненные из неметаллических материалов, прекрасно защищают от гамма и нейтронного излучения. Эффективность их защиты от

нейтронного излучения может быть повышена путём применения полиэтиленовых, пластиковых, пенопластовых и других прокладок из лёгких материалов.

Заблаговременно построенные противорадиационные укрытия по вместимости не ограничиваются, хотя нормы расчёта площадей на укрывающихся так же, как и в убежищах. Основные работы по приспособлению вышеуказанных сооружений под укрытия состоят в герметизации помещений, которое достигается тщательной заделкой трещин, щелей и других отверстий в стенах и потолке, повышении защитных свойств путём посыпания слоёв грунта у стен и заделкой оконных проёмов и устройств простейшей вентиляции.

Современное простейшее укрепление, как и десятки лет назад, – это простейшее по конструкции защитное сооружение, строительство которого может быть выполнено населением за кратчайший срок. Это щель, которая представляет собой земляной ров глубиной 200 см, шириной по верху 120 см, по дну 80 см. Ее строительство может проводиться в два этапа. На первом этапе отрывается щель, на втором этапе она перекрывается. Отрывается щель в виде нескольких прямолинейных участков, расположенных под прямым углом друг к другу. Каждый прямолинейный участок отрывается длиной не более 10 м, а длина щели определяется из расчёта 0,5-0,6 м на одного укрываемого из расчёта общей вместимости одной щели не более 40 человек. Входы в щель, устраиваются под прямым углом к прямолинейному участку щели, при этом в щелях вместимостью до 20 человек делают один вход, а вместимостью более 20 человек – два входа в противоположных концах щели. Стены щели укрепляются одеждой из жердей, горбылей, толстых досок, железобетонных конструкций и других местных материалов. Вдоль одной из стен делают скамью для сидения. В стенах так же делают ниши для продуктов и емкостей с водой. Перекрытия щели делают из бревен диаметром 18-20 см, брусьев, железобетонных плит и других прочных материалов. Сверху этого перекрытия докладывают гидроизоляцию из рубероида, полиэтиленовой пленки или другого водоотталкивающего материала, который затем засыпают слоем грунта толщиной 70-80 мм и накрывают дерном.

Необходимо отметить, что эффективность защиты людей от поражения радиоактивными и отравляющими веществами, выбрасываемых в атмосферу в результате аварий и катастроф, определяется двумя главными факторами. Первый – это техническая исправность и готовность защитных сооружений к приему людей. Второй – подготовленность персонала защитных сооружений к их обслуживанию.

К сожалению, большая часть защитных сооружений после девяностых годов использовалась под складские помещения и даже под овощехранилища, в результате чего они пришли в состояние, которое не позволяет их использовать по назначению, для которого они предназначались. Незначительная часть защитных сооружений, которые остались в системе Государственной гражданской защиты, находятся в удовлетворительном и даже хорошем состоянии. Однако оборудование и в первую очередь фильтровентиляционные установки 1970-1980 годов изготовления не только физически превышают срок эксплуатации, но еще и морально устарели, т.е. не обеспечивают фильтрацию опасных веществ, определяемых на сегодняшнем современном уровне. Кроме этого, персонал, который обслуживает эти защитные сооружения не в состоянии периодически обслуживать (выполнять периодические, еженедельные, ежемесячные, квартальные, полугодовые регламенты) оборудование в защитных сооружениях и тем самым обеспечить их боевую готовность для рения задач по защите населения при возникновении различных чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, на Украине имеются специально построенные защитные сооружения. Оборудование, которым они оснащены, введено в эксплуатацию в шестидесятые-восьмидесятые годы прошлого столетия. Большая часть этих укрытий уже не может использоваться по прямому назначению вследствие длительной эксплуатации их в качестве овощехранилищ. Убежища, оставшиеся на балансе в системе Государственной

Гражданской защиты, с одной стороны не рассчитаны на массовый прием населения для защиты от радиоактивных и отравляющих средств поражения, с другой – количество персонала, обслуживающего эти защитные сооружения, не в состоянии производить обслуживание технических средств, сооружений и обеспечивать их боевую готовность для решения задач по защите населения при возникновении различных чрезвычайных ситуаций. Кроме этого, оборудование и в первую очередь фильтровентиляционные установки защитных сооружений и морально и финансов устарели и не обеспечивают современный уровень защиты людей от радиоактивных и отравляющих веществ, распыленных в воздухе.

Особенности конструкций современных зданий по обеспечению пожарной безопасности

Все здания и сооружения представляют собой объекты, которые имеют ту или иную степень пожарной опасности в зависимости от их назначения и функциональных возможностей. Это значит, что здания и сооружения, как потенциальные объекты возгорания, содержат совокупность условий, способствующих возникновению пожара и определяющих его возможные масштабы и последствия.

Пожарная безопасность объекта должна как исключать возможность возникновения пожара, так и обеспечивать безопасность находящихся внутри людей в случае его возникновения. Она должна обеспечиваться на всех этапах существования объекта: строительстве, эксплуатации, реконструкции, ремонте и аварийной ситуации. Пожарная безопасность обеспечивается следующими мерами: объемно-планировочными, конструктивными, инженерно-системными и организационно-техническими. В зависимости от назначения здания совокупность этих мер может быть различной, т. к. различными являются условия, в которых необходимо обеспечивать пожарную безопасность. На обеспечение пожарной безопасности административных зданий и сооружений валяют два вида факторов, а именно функциональная и конструктивная пожарная безопасность.

Функциональная пожарная безопасность является основной, определяющей выбор остальной противопожарной защиты. Это осуществляется способом исследования административного здания или сооружения и от степени безопасности находящихся внутри людей с учетом их (людей) возраста и физического состояния, их количества и возможности пребывания в состоянии сна. В зависимости от этого к зданиям применяются различные требования. Функциональная пожарная безопасность определяется классом функциональной пожарной опасности.

Конструктивной пожарной безопасности отводится определяющая роль. Именно по средствам конструктивных решений в административных зданиях и сооружениях обеспечивается возможность предотвращения распространения пожара по помещениям, между помещений, между этажами и пожарными отсевами. Конструктивная пожарная безопасность характеризуется степенью огнестойкости здания в целом и классом его конструктивной пожарной опасности.

Класс функциональной пожарной опасности определяет в первую очередь объемно-планировочные требования к объекту с позиции его пожарной безопасности. Для каждого из этих классов нормируются площадь пожарного отсека, высота здания, количество и расположение эвакуационных выходов, максимальная длина и максимальная ширина путей эвакуации, тип и количество лестничных клеток, размеры эвакуационных выходов, ограничение на размещение помещений различного назначений в пределах объекта. Кроме того, что класс функциональной пожарной опасности влияет на выбор других составляющих пожарной безопасности объекта, он определяет класс конструктивной пожарной опасности.

Нормируются следующие пять предельных состояний. Первое – потеря несущей способности. Это обрушение, потеря устойчивости, деформации больше предельно

допустимых значений. Обозначается в нормах «R». Второе – потеря целостности. Она связана с образованием в конструкциях и в их сопряжениях сквозных трещин или отверстий, способствующих распространению пожара в соседских помещениях. Обозначается в нормах «E». Третье – потеря теплоизолирующей способности – перегрев, повышение температуры на не обогреваемой поверхности конструкции в среднем больше 160 °С или в любой точке поверхности до 180 °С. Обозначается в нормах «I». Четвертое – теплоизолирующей способности вследствие достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от не обогреваемой поверхности конструкции. Обозначается в нормах «W». Пятое – дымогазонепроницаемость. Обозначается в нормах «S». Имеет особое значение при решении вопросов эвакуации людей из зданий и сооружений во время пожаров.

Образование дыма и других токсичных веществ во время пожаров определяется характеристикой «S», которая в свою очередь складывается из специфических свойств строительных материалов. Они (строительные материалы) могут быть по степени горючести: слабо горючие, умеренно горючие, нормально горючие и сильно горючие. По воспламеняемости: трудно воспламеняющиеся, умеренно воспламеняющиеся и легко воспламеняющиеся. В зависимости от распространения пламени по поверхности: не распространяющие, слабо распространяющие, умеренно распространяющие и сильно распространяющие. По дымообразующей способности: с малой дымообразующей способностью, с умеренной дымообразующей способностью и с высокой дымообразующей способностью. В зависимости от токсичности выделяемы при горении газов: малоопасные, умеренно опасные, высоко опасные и чрезвычайно опасные.

В настоящее время большинство зданий включают в себя сразу несколько функций, поэтому они требуют четкого разделения на отдельные пожарные отсеки. Эти отсеки отличаются друг от друга требованиями, предъявляемыми к ним с точки зрения функциональной и конструктивной пожарной безопасности. Помещения зданий с различными классами функциональной пожарной опасности должны разделяться специальными пожарными преградами для предотвращения распространения пожара между помещениями. Это противопожарные стены, перегородки и перекрытия.

Для разделения зданий на пожарные отсеки следует использовать внутренние продольные и поперечные противопожарные стены. Противопожарные стены должны опираться на фундаменты или фундаментальные балки и пересекать все конструкции и этажи, а также возвышаться над кровлей. При разделении здания на пожарные отсеки противопожарной должна быть стена более широкого и более высокого отсека. Допускается в наружной противопожарной стене размещать окна, двери и ворота. В противопожарных стенах так же допускается устраивать вентиляционные и дымовые каналы так, чтобы в местах их установки предел огнестойкости противопожарной стены был одинаковым с обеих сторон.

Для разделения здания на пожарные отсеки допускается вместо противопожарных стен предусматривать противопожарные зоны, которые выполняются в виде вставки, разделяющей здание по всей длине или ширине и высоте. При проектировании жилых зданий с административными помещениями на первых этажах рекомендуется отделять жилые этажи от административных техническим этажом. Этот этаж будет являться противопожарной зоной, разделяющей между собой отсеки, различные по классам функциональной пожарной опасности. Эти этажи так же могут использоваться для размещения элементов специальных противопожарных вентиляционных систем.

Противопожарная вентиляция необходимая в противопожарной безопасности зданий и сооружений. Как показывает статистика прошлого (двадцатого века), подавляющее большинство жертв пожаров гибли не от прямого воздействия огня, а от удушения дымом и угарными газами.

Вентиляция является очень важной частью любой противопожарной системы безопасности. Она дает возможность избежать повреждений и человеческих жертв при

возгорании внутри помещения. Противопожарная (противодымная) вентиляция не допускает новый воздух в помещение и удаляет дым. Она предназначена для максимально быстрой и безопасной эвакуации людей из здания на начальных этапах возгорания. Принцип работы заключается, во-первых, во включении отсоса дыма, который идет от очага возгорания, не давая ему распространяться по зданию, во-вторых, во включении вентиляторов подпора. Они наоборот нагнетают чистый воздух на лестничные площадки и лифтовые шахты, обеспечивая безопасную эвакуацию людей из горящего здания без отравлений продуктами горения, как показано на рисунке 1.

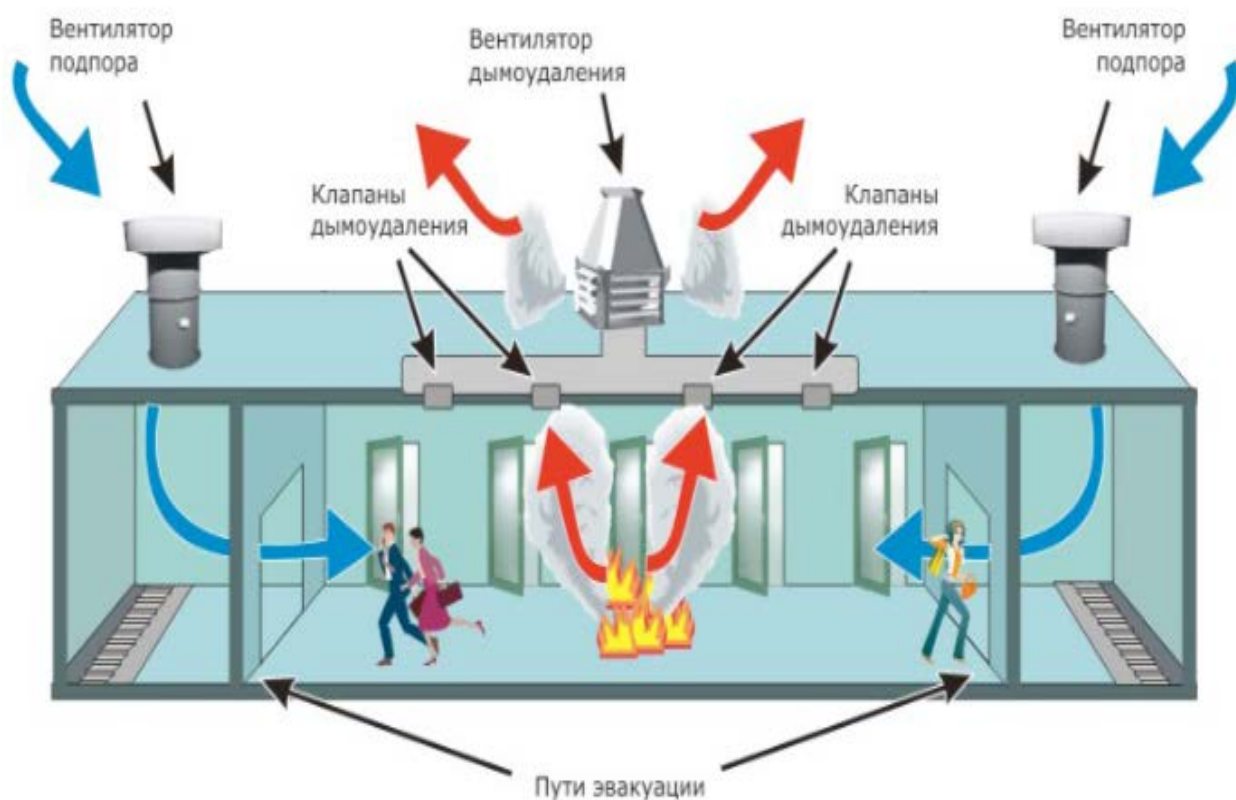


Рис. 1. Схема, отображающая принцип работы противопожарной вентиляции.

Возможно множество вариантов конструкторских решений систем дымоудаления. Но все они включают противопожарные клапаны, воздуховоды из стойкого материала, вентиляторы, удаляющие дым и закачивающие свежий воздух извне. Такой комплекс, работая слажено, может удалять задымленность из помещений большой площади, дополнительно вытягивая гарь, копоть и другие продукты горения, особенно ядовитых полимерных материалов. Это не только локализует возгорание и уменьшает распространение огня, но и уменьшает убытки, причиненные пожаром.

Система дымоудаления проектируется в соответствии с нормативами и расчетами. Она закладывается на самых первых этапах возведения здания или во время его реконструкции. Согласно всем правилам, противопожарные системы дымоудаления в обязательном порядке должны быть во всех постройках, которые имеют более десяти этажей, подземных помещений, больницах и гостиницах, а также других помещениях, где происходит большое скопление людей (например, кинотеатр, концертный зал, закрытый спортивный комплекс и др.).

Все системы дымоудаления разделяются на статические и динамические. Статическая система работает по принципу прекращения процесса вентиляции помещения, где обнаружено возгорание и появление дыма. С помощью противопожарных

клапанов системы вентиляции блокируется доступ кислорода к очагу возгорания, что снижает его активность. В нормальном положении клапаны открыты и не препятствуют доступу кислорода в помещение, а при срабатывании противопожарных датчиков они закрываются. Данная система имеет огромный плюс в виде низкой стоимости. Ее можно проектировать вместе с общей вентиляцией, при этом использовать минимум электроники и затрат. Ее минус – достаточно низкая эффективность.

Альтернативой статической является динамическая система. Она более затратная, но значительно эффективнее. Принцип ее работы заключается в следующем. При возгорании генерируется дым, который активирует противопожарные датчики. Сигнал от них поступает в общую систему контроля, откуда выдается команда на включение защиты. Под действием команды открываются решетки для отвода дыма из помещений и включается отсасывающий вентилятор. Дым под действием принудительной тяги проходит к месту всасывания и по вентиляционной системе выводится в верхнюю часть здания, а оттуда в атмосферу. Одновременно с вытяжными вентиляторами запускаются вентиляторы подпора, которые нагнетают свежий воздух в отдельные части здания по пути следования эвакуирующихся людей.

Таким образом, в современных и реконструированных зданиях и сооружениях в интересах обеспечения противопожарной безопасности обязательные инженерные конструкции – системы противопожарной вентиляции, которые автоматически при срабатывании датчиков сигнализации, обеспечивают, во-первых, отсасывание дыма и продуктов горения, а во-вторых, подпор путем нагнетания свежего воздуха в отдельные части здания по пути следования эвакуирующихся людей.

Кроме этого необходимо отметить ряд факторов. Во-первых, Украина ядерная держава на территории которой расположены пять АЭС. В состав этих станций входит пятнадцать действующих ядерных реакторов. Аварии на АЭС, как правило, сопровождаются выбросом в атмосферу радиоактивных веществ и аэрозолей, которые способны распространяться на обширные территории и поражать все живое на своем пути. Украинский народ на себе испытал, что такое последствия ядерной катастрофы.

Во-вторых, кроме ядерных реакторов в Украине имеются десятки предприятий где складируются радиоактивные отходы. Аварии на этих предприятиях так же приводят к попаданию радиоактивных веществ аэрозолей в атмосферу.

В-третьих, в Украине десятки химических и нефтехимических комбинатов где производятся токсичные вещества. Попадание этих веществ в атмосферу в результате аварий может привести к последствиям не меньшим чем при катастрофе на АЭС.

В-четвертых, в Украине тысячи больших и малых производственных холодильных установок, использующих в качестве хладагента аммиак, и станций обеззараживания питьевой воды, где имеются промышленные объемы хлора. Аварии на этих установках так же могут привести к выбросу в атмосферу опасных веществ, которые приводят к поражению людей и их гибели.

В-пятых, как показывает мировой опыт, в качестве грязных бомб террористы могут использовать радиоактивные и отравляющие вещества, которые взрывной волной распыляются в атмосфере и ветром разносятся на большие расстояния.

Во всех этих случаях радиоактивные и отравляющие вещества разносятся в атмосфере ветром. Здесь отсутствует поражающий фактор ударной волны, как при применении ядерного оружия. Поэтому для защиты населения при подобных авариях не обязательно создавать специальные защитные сооружения, способные выдержать ударную волну от ядерного взрыва, как это было в годы холодной войны.

Для защиты населения в этих случаях достаточно укрыть большие группы людей в специальных защитных помещениях, которые обладают свойством герметичности и оснащены фильтровентиляционными установками, создающими подпор воздуха в этих герметичных помещениях. Эта новая инженерная концепция защиты обеспечивает предотвращение попадания радиоактивных и отравляющих веществ на кожные покровы и

в органы дыхания людей, чем обеспечивает их спасение во время аварий, катастроф и других чрезвычайных ситуациях на ядерных и других потенциально опасных объектах.

Выводы

1. В Украине имеются специально построенные защитные сооружения. Оборудование, которым они оснащены, введено в эксплуатацию в шестидесяте-восьмидесятые годы прошлого столетия. Большая часть этих укрытий уже не может использоваться по прямому назначению вследствие длительной эксплуатации их в качестве овощехранилищ. Убежища, оставшиеся на балансе в системе Государственной Гражданской защиты, с одной стороны не рассчитаны на массовый прием населения для защиты от радиоактивных и отравляющих средств поражения, с другой – количество персонала, обслуживающего эти защитные сооружения, не в состоянии производить обслуживание технических средств, сооружений и обеспечивать их боевую готовность для решения задач по защите населения при возникновении различных чрезвычайных ситуаций. Кроме этого, оборудование и в первую очередь фильтровентиляционные установки защитных сооружений и морально и финансов устарели и не обеспечивают современный уровень защиты людей от радиоактивных и отравляющих веществ, распыленных в воздухе.

2. В современных и реконструированных зданиях и сооружениях в интересах обеспечения противопожарной безопасности обязательные инженерные конструкции – системы противопожарной вентиляции, которые автоматически при срабатывании датчиков сигнализации, обеспечивают, во-первых, отсасывание дыма и продуктов горения, а во-вторых, подпор путем нагнетания свежего воздуха в отдельные части здания по пути следования эвакуирующихся людей.

3. Для защиты населения при чрезвычайных ситуациях на потенциально опасных объектах достаточно укрыть большие группы людей в специальных защитных помещениях, которые обладают свойством герметичности и оснащены фильтровентиляционными установками, создающими подпор воздуха в этих герметичных помещениях. Эта новая инженерная концепция защиты обеспечивает предотвращение попадания радиоактивных и отравляющих веществ на кожные покровы и в органы дыхания людей, чем обеспечивает их спасение во время аварий, катастроф и других чрезвычайных ситуациях на ядерных и других потенциально опасных объектах.

1. Егоров Л.Т. Гражданская оборона. – М.: Стройиздат, 1970. – 270 с.
2. Биков І.В. Цивільна оборона. Черкаси: НДТУ, 2004. – 92 с.
3. Кулаков М.А. Цивільна оборона. Харків: НТУ-ХПІ, 2005. – 125 с.
4. Харькевич А.Е. Эксплуатация убежищ гражданской обороны. – М.: Стройиздат, 1970 – 202 с.
5. Рекомендации по проектированию и эксплуатации быстровозводимых защитных сооружений гражданской обороны. – М.: Воениздат., 1971 – 199 с.
6. Убежища гражданской обороны: конструкция и расчет. / под ред. В.А. Котляревского. – М.: Стройиздат., 1989 – 223 с.
7. Методика специальной подготовки и тактико-специальных учений с невоенизированными формированиями гражданской обороны. – М.: Воениздат., 1985 – 82 с.
8. Гинсберг Л.А. Пожарная безопасность конструктивных решений проектируемых и реконструируемых зданий. / Л.А. Гинсберг, П.И. Барсукова / Екатеринбург: Изд. Уралунивер, 2015. – 54 с.
9. Пожарная охрана. Риск возгорания объекта существует всегда. Доступ: <http://ohorona.info/fire/>
10. Пожарная сигнализация и безопасность. Доступ: <http://sheriff.com.ua>

О.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, О.С. Рыжкін
ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ЗАХИСНИХ ПРИМІЩЕНЬ В
АДМІНІСТРАТИВНИХ І ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ

В роботі проаналізовані порядок створення захисних споруд і укриттів, їх стан в даний час. Розглянуто особливості конструкцій сучасних будівель по забезпеченню пожежної безпеки. Сформульовано новий підхід до захисту населення від аварій і катастроф на потенційно небезпечних об'єктах, що складається в укритті великого числа людей в захисних приміщеннях, де може бути створений підпір повітря.

E. Azarenko, Yu. Goncharenko, M. Diviziniuk, A. Ryzhkin
BACKGROUND OF THE PROTECTION OF PREMISES THE ADMINISTRATIVE
AND RESIDENTIAL BUILDINGS

This paper analyzes the procedure for the establishment of shelters and protective structures, their condition at the moment. The features of construction of modern buildings to ensure fire safety. Formulated a new approach to protecting the population from accidents and accidents at potentially dangerous facilities, consisting in the shelter of a large number of people in protective areas where the air can be created backwater.

УДК 614.8+351.861+504.064

В.В. ТЮТЮНИК¹, В.Д. КАЛУГІН¹, Г.В. ІВАНЕЦЬ¹, М.Г. ІВАНЕЦЬ²,
Ю.В. ЗАХАРЧЕНКО¹

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків

²Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРИТТЯ ТЕРИТОРІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ЇХ РОЗКИДАННІ ІЗ ЗАВИСАЮЧОГО НАД ТОЧКОЮ СКИДАННЯ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Представлено підхід для оцінки ефективності покриття території надзвичайної ситуації (НС) за допомогою автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів при їх розкиданні з безпілотного літального апарату (БПЛА), за умов його зависання на малій висоті над точкою скидання.

Обґрунтування проблеми. Одним з перспективних напрямків розв'язання проблеми ефективного попередження та ліквідації НС різної природи [1 – 3] є розробка комплексної територіальної системи виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення НС [4 – 6], а також контроль стану безпеки території при виникненні НС за допомогою безпілотних повітряних та наземних засобів безперервного отримання, у реальному масштабі часу, інформації про рівень дії небезпечних факторів НС та оперативного прогнозування розмірів зони безпеки та обстановки в ній.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій. У рамках проведеного пошуку з глибиною до десяти років та аналізу винахідницько-дослідницької діяльності [7 – 11] відомі технічні рішення визначення границь зон НС, які використовують космічні засоби встановлення місцезнаходження та розділяються за використанням повітряних і наземних рухомих платформ, для розташування засобів контролю факторів безпеки, які викликані НС.

При використанні повітряних рухомих платформ відомі корисні моделі: безпілотного літального апарату малого розміру для моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф [7], а також літака для повітряного моніторингу стану довкілля [8].

Безпілотний літальний апарат малого розміру для проведення моніторингу територій пожеж, терористичних актів і техногенних катастроф [7], обладнаний засобами моніторингу, які включають навігаційне обладнання, радіопеленгатор, тепlopеленгатор і телекамеру, сполучені через бортовий комп'ютер з приймально-передавальною антеною GPS, «ГЛОНАС» або стільникового зв'язку для передачі результатів моніторингу на центральний пункт управління літальним апаратом.

Літак для повітряного моніторингу стану довкілля [8] обладнаний, по меншій мірі, одним засобом для моніторингу довкілля, який встановлено під крилом літака.

Недоліками використання повітряних рухомих засобів моніторингу зони НС у рамках відомих технічних реалізацій [7, 8] є те, що під час виникнення масштабної НС для охоплення необхідного обсягу точок вимірювання потребується використання декількох (в залежності від розмірів зони НС) літаків з організацією окремих каналів управління їх польотом і каналів передачі телеметричної інформації від засобів моніторингу. При реалізації режиму безперервного отримання, у реальному масштабі часу, інформації про стан зони враження цей спосіб моніторингу потребує збільшення у два-три рази кількості літаків і засобів контролю, якими вони обладнані, їх обслуговування, обладнання паливом

і проведення ремонтних робіт. Крім того, виникає утруднення при управлінні безпілотними літальними апаратами при їх знаходженні у зонах поганої видимості (які виникають під впливом дій небезпечних факторів НС), у нічний час, у разі погіршення погодних умов, а також при необхідності проведення контролю небезпечних факторів НС біля поверхні Землі.

При використанні наземних рухомих платформ відомі: спосіб визначення меж зон надзвичайних ситуацій [9] і спосіб оперативного визначення епіцентрів, зміни меж зон НС і одержання оперативної інформації щодо прогнозування виникнення нових ризиків [10].

Спосіб визначення меж зон НС [9] застосовує наземні рухомі засоби та геостаціонарні супутники. Точки вимірювання встановлюються за допомогою наземних рухомих і геостаціонарних супутників, точки вимірювання переміщуються за допомогою наземних рухомих засобів.

Спосіб оперативного визначення епіцентрів, зміни меж зон НС та одержання оперативної інформації щодо прогнозування виникнення нових ризиків [10] застосовує наземні рухомі засоби з контрольно-вимірювальними засобами та засоби електрозв'язку, а також диспетчерський пункт та супутникові засоби з засобами електрозв'язку та електронно-обчислювальними засобами. Визначають зони НС та зміну факторів ризику за допомогою наземних рухомих засобів з контрольно-вимірювальними засобами, які надають інформацію про наслідки НС до диспетчерських пунктів за допомогою засобів електрозв'язку через супутникові засоби.

Недоліками використання наземних рухомих засобів моніторингу зони НС у рамках відомих підходів [9, 10] є те, що під час моніторингу неможливо охопити вимірюваннями потрібний обсяг точок контролю у зоні НС, оскільки не всі точки є доступними для вимірювання. Крім того, реалізація цих підходів не забезпечує оперативного одержання потрібних обсягу та точності інформації.

Найбільш близьким технічним рішенням до проблеми розробки науково-технічних основ системи моніторингу зони НС є спосіб оперативного визначення ризиків НС [11]. Цей спосіб передбачає за допомогою наземних рухомих засобів з контрольно-вимірювальними пристроями визначати зони НС та зміну факторів ризику. У якості наземних рухомих засобів можуть застосовуватися транспортні засоби, а також окремі (піші) патрульні. Для надання інформації до диспетчерських пунктів напряму та через супутникові засоби про наслідки НС застосовують засоби електрозв'язку. Для аналізу динаміки подій, що виникатимуть у процесі тривання НС та підвищення оперативності збору інформації, повітряні рухомі засоби обладнують контрольно-вимірювальними й електронно-обчислювальними засобами з електронно-картографічними програмами, засобами радіонавігації й електрозв'язку.

Недоліками описаного вище способу оперативного визначення ризиків НС [11] є те, що можливості реалізації режиму безперервного у реальному масштабі часу оперативного одержання потрібного обсягу інформації про епіцентри та зміни меж зон НС обмежені можливостями використання (патрулювання) особового складу підрозділів, залучених до ліквідації НС. Крім того, термін моніторингу обмежується терміном знаходження літака у повітрі, що потребує використання декількох літаків, які обладнані ідентичними контрольно-вимірювальними й електронно-обчислювальними засобами з електронно-картографічними програмами, засобами радіонавігації й електрозв'язку.

Враховуючи вище викладене метою нашого дослідження є розвиток науково-технічних основ для реалізації оперативного моніторингу за зміною меж зони НС, рівнем небезпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків, за рахунок об'єднаного застосування БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів небезпеки НС, де доставка наземних пристроїв контролю у зону НС виконується повітряними рухомими платформами [12].

Мета досягається тим, що безперервний та тривалий у реальному масштабі часу оперативний моніторинг за зоною НС здійснюється за рахунок:

- а) сумісного об'єднання у систему моніторингу БПЛА та наземних пристроїв контролю факторів безпеки НС;
- б) оперативної доставки за допомогою БПЛА наземних мобільних пристроїв контролю у зону НС;
- в) створення в зоні та в околиці НС тимчасової (на період ліквідації НС) контролюючої мережі з автоматизованих наземних мобільних пристроїв контролю;
- г) отримання й обробки інформації від наземних мобільних пристроїв контролю у диспетчерському пункті, який розташовано на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та ін.).

Постановка задачі та її розв'язання. Метою цієї роботи є розвиток уявлень щодо оцінки ефективності покриття території НС та створення в зоні та в околиці НС тимчасової мережі моніторингу з автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів, шляхом їх оперативної доставки із завислого, над точкою скидання, БПЛА.

Функціональну схему системи оперативного моніторингу за зміною меж зони НС, рівнем безпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків представлено на рис. 1, де: 1 – наземний рухомий центр моніторингу; 2 – територія, на якій виникла НС; 3 – БПЛА; 4 – наземні автоматизовані пристрої контролю небезпечних факторів НС; 5 – супутникові засоби GPS навігації; 6 – зона враження НС; 7 – парашути для спускання п-ї кількості пристроїв контролю.

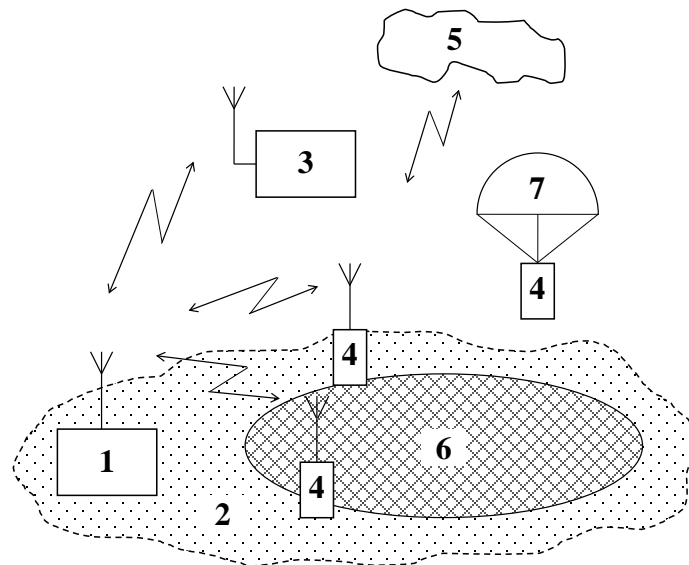


Рис. 1. Комплексна функціональна схема системи оперативного моніторингу за зміною меж зони НС, рівнем безпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків, з доставкою автоматизованих пристроїв контролю безпілотними літальними апаратами

Наведений у роботі підхід для оцінки ефективності покриття території 6 автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів 4 при їх розкиданні з БПЛА реалізовано за умов, що апарат 3 здатний зависати над точкою скидання та проводити скидання пристроїв 4 з малих висот. В цьому випадку відхиленнями від центру точки скидання пристроїв можна знехтувати. Кожен автоматизований пристрій, який доставлено у зону НС, контролює територію у вигляді окружності з радіусом $R_{\text{Контр.}}$. Розв'язання задачі вирішується шляхом апроксимації кожної зони контролю вписаними

квадратами зі стороною $A_{\text{Контр.}} = R_{\text{Контр.}} \cdot \sqrt{2}$, а територію НС – прямокутником зі сторонами $A_{\text{НС}}$ і $B_{\text{НС}}$ (рис.2).

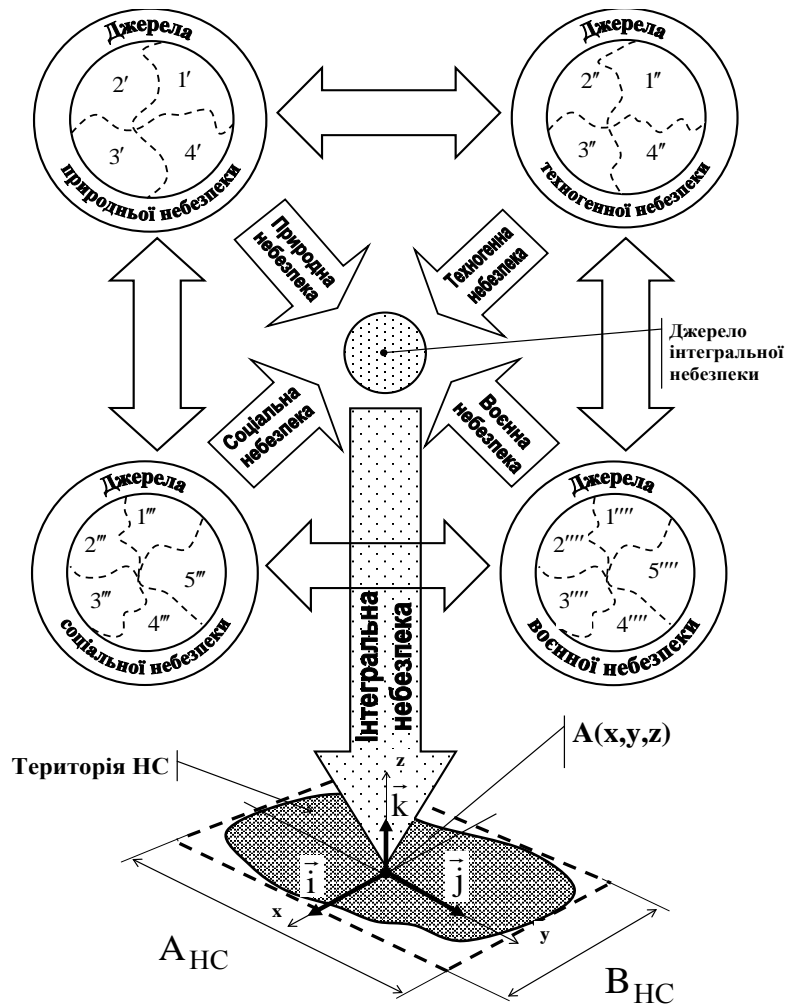


Рис. 2. Модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел НС різного походження та результат апроксимації території НС

У відповідності до рис. 2, джерело інтегральної безпеки в точці $A(x, y, z)$ території нелінійно об'єднує джерела природної безпеки [1, 2, 13, 14]: $1'$ – процеси у атмосфері; $2'$ – процеси у біосфері; $3'$ – процеси у літосфері; $4'$ – процеси у гідросфері; джерела техногенної безпеки [15]: $1''$ – аварії на промислових об'єктах і транспорті; $2''$ – вибухи; $3''$ – пожежі; $4''$ – вивільнення інших видів енергії; джерела соціальної безпеки [16]: $1'''$ – психологічні особливості особи й особливості виховання; $2'''$ – несприятливе положення особи; $3'''$ – соціальна несправедливість; $4'''$ – напруженість у міжгрупових, міжконфесійних і міжнаціональних стосунках; $5'''$ – негативні соціальні процеси, що призводять до руйнування етичних засад, соціальної стійкості особи та законслухняності; джерела воєнної безпеки [17]: $1''''$ – наявність гострих суперечностей, розв'язання яких є можливим лише із застосуванням воєнної сили; $2''''$ – наявність у однієї із сторін достатньої кількості військових сил і засобів для розв'язання суперечності на свою користь або здатність держави створити такі сили в перспективі; $3''''$ – наявність у лідерів або урядів політичної волі та рішучості піти на застосування сили, здатності використовувати збройні сили для вирішення можливого конфлікту; $4''''$ –

наявність надійних союзників серед держав, їх коаліцій або інших суб'єктів військово-політичних відносин; S'''' – сприятливі геополітичні умови та реальна (або прогнозована) військово-політична обстановка для здійснення військових акцій.

Таким чином, з урахуванням висловлених раніше та графічно узагальнених на рис. 3 уявлень, необхідну кількість автоматизованих пристроїв контролю 4, яку необхідно скинути з БПЛА 3 для покриття території НС 6, можливо оцінити як:

$$N = N_X N_Y = \frac{A_{НС} B_{НС}}{2R_{Контр.}^2}, \quad (1)$$

де $N_X = \frac{B_{НС}}{R_{Контр.} \sqrt{2}}$ – необхідна кількість автоматизованих пристроїв контролю для покриття території НС за стовпцями (за координатою X);

$N_Y = \frac{A_{НС}}{R_{Контр.} \sqrt{2}}$ – необхідна кількість автоматизованих пристроїв контролю для покриття території НС за рядками (за координатою Y).

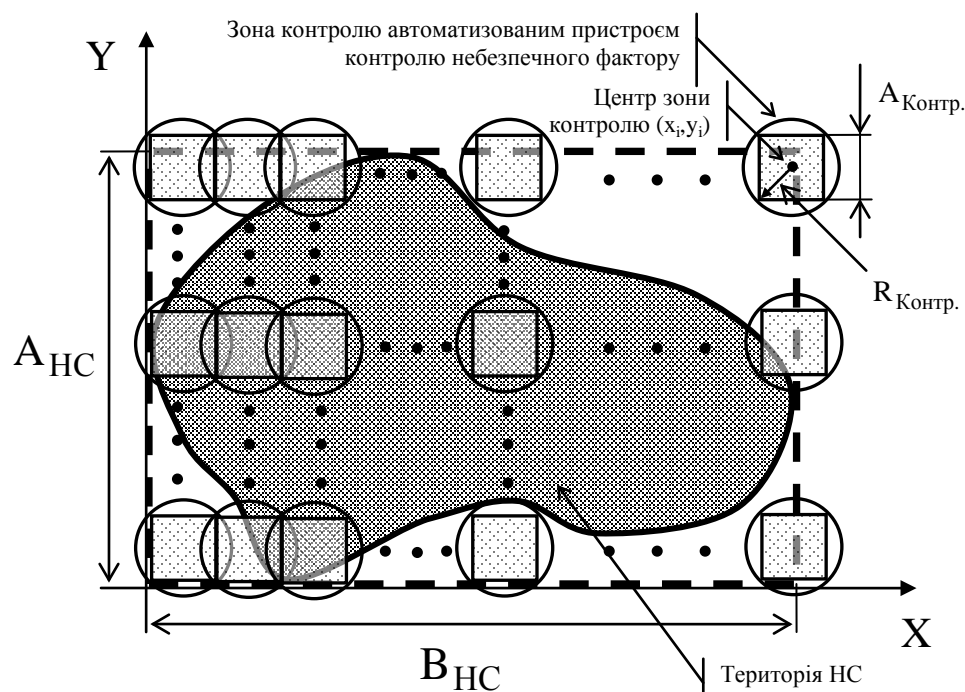


Рис. 3. Схема покриття території НС автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів при їх розкиданні з БПЛА

Так, якщо за допомогою БПЛА розкидано n пристроїв, то з урахуванням їх точного поропання в центри зон контролю ефективність покриття території дорівнює:

$$E_{Контр.} = \frac{n}{N} \cdot 100\% . \quad (2)$$

Розглянемо вимоги до БПЛА при поодинокому способі доставки пристроїв контролю небезпечних факторів НС. Позначимо координати центрів зон контролю по

стовпчикам x_i , а по рядкам – y_i . Тоді при польоті БПЛА уздовж лінії центрів зон контролю по рядкам необхідно забезпечити затримку скидання кожного наступного пристрою на термін:

$$T_Z = \frac{R_{\text{Контр.}} \sqrt{2}}{v}, \quad (3)$$

де v – середня швидкість польоту БПЛА.

Як недолік такого методу покриття небезпечної території 6 автоматизованими пристроями контролю 4 можна відзначити досить великий час, який необхідно потратити для покриття всієї території.

Одним з шляхів усунення зазначеного недоліку доцільно визначити використання касетного способу [17 – 21] для покриття території 6 автоматизованими пристроями контролю 4. Для цього можливо використовувати касетні вироби з відповідними пристроями контролю небезпечних факторів НС. Так, на етапі польоту БПЛА над центром скидання касети, бортова система управління переводить виріб у режим пікірування на точку із заданими координатами. На заданій висоті за сигналом системи управління задіюється центральний розривний заряд корпусу касетного виробу, при цьому під дією вибухових газів він руйнується, і автоматизовані пристрої контролю 4 розлітаються в радіальних напрямках з додатковими приростами швидкості покриваючи участок території 6 (рис. 4).

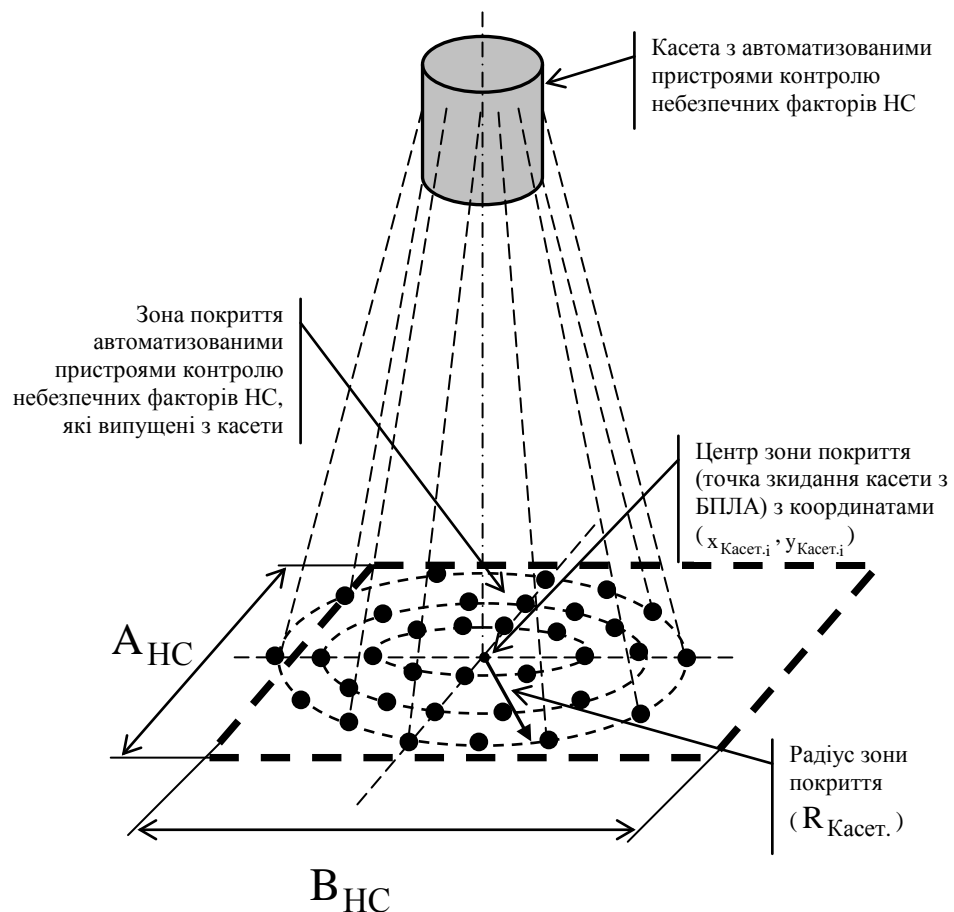


Рис. 4. Схема покриття території НС касетним виробом, оснащеним автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів

За умов скидання касетних виробів в режимі зависання БПЛА над точкою скидання на малій висоті впливом протидіючих факторів на процеси розкидання та польоту автоматизованих пристроїв 4 можна знехтувати. В цьому випадку точки падіння пристроїв на поверхню землі повинні рівномірно розподілятися на деякій площі, фігуру якої, у відповідності до рис. 4, можливо описана окружністю з радіусом $R_{\text{Касет}}$. Для розрахунку необхідної кількості касетних виробів обрано аналогічний підхід, як при одиночному покритті небезпечної території. При цьому, кожна зона покриття касетою з автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів НС апроксимується вписаним прямокутником зі стороною $A_{\text{Касет}} = R_{\text{Касет}} \cdot \sqrt{2}$, а необхідна кількість касетних виробів для покриття території враження НС дорівнює:

$$N_{\text{Касет}} = N_{\text{Касет.Х}} N_{\text{Касет.У}} = \frac{A_{\text{НС}} B_{\text{НС}}}{2R_{\text{Касет}}^2}, \quad (4)$$

де $N_{\text{Касет.Х}} = \frac{B_{\text{НС}}}{R_{\text{Касет}} \cdot \sqrt{2}}$ – кількість касетних виробів з пристроями контролю для

покриття території НС за стовпцями (за координатою Х); $N_{\text{Касет.У}} = \frac{A_{\text{НС}}}{R_{\text{Касет}} \cdot \sqrt{2}}$ – кількість касетних виробів з пристроями контролю для покриття території НС за рядками (за координатою У).

Кількість пристроїв контролю в касетному виробі для надійного покриття зони з радіусом $R_{\text{Касет}}$ розраховується за формулою:

$$N = \frac{R_{\text{Касет}}^2}{R_{\text{Контр}}^2}. \quad (5)$$

Так, якщо за допомогою БПЛА розкидано m касетних виробів з автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів НС, то з урахуванням їх точного потрапляння в центри зон контролю ефективність покриття території дорівнює:

$$E_{\text{Касет}} = \frac{m}{N_{\text{Касет}}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Розглянемо вимоги до БПЛА при касетному способі розкиду пристроїв контролю небезпечних факторів НС. Позначимо координати центрів зон контролю касетою по стовпчикам $x_{\text{Касет.і}}$, а по рядкам – $y_{\text{Касет.і}}$. Тоді при польоті БПЛА уздовж лінії центрів зон контролю касет по рядкам необхідно забезпечити затримку скидання кожного наступного касетного виробу на термін:

$$T_{Z_{\text{Касет}}} = \frac{R_{\text{Касет}} \cdot \sqrt{2}}{v}. \quad (7)$$

Середній виграш у часі при розкиданні з БПЛА автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів НС касетним способом в порівнянні з поодиноким розраховується за формулою:

$$W = \frac{t_2 \cdot N - t_1 \cdot N_{\text{Касет.}}}{t_2 \cdot N} \cdot 100 \% . \quad (8)$$

де t_1 – середній час скидання одного касетного виробу, з урахуванням його доставки до місця скидання; t_2 – середній час скидання одного пристрою контролю, з урахуванням його доставки до місця скидання при поодиначному способі.

У загальному випадку для зменшення часу покриття території НС автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів доцільно використовувати безпілотні авіаційні комплекси (БАК), які включають наземний центр моніторингу (блок 1 на рис. 1) та декілька БПЛА. Тоді середній виграш у часі складе:

$$W_{\text{БАК}} = \frac{t_2 \cdot N - k \cdot t_1 \cdot N_{\text{Касет.}}}{t_2 \cdot N} \cdot 100\% , \quad (9)$$

де k – кількість задіяних БПЛА.

Таким чином, на основі результатів модельних розрахунків ефективності представлених у роботі двох варіантів (поодиначного та касетного) розміщення по території НС автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів за допомогою БПЛА свідчить на користь касетного способу скидання вантажу в умовах обмеженості часу та відсутності жорстких вимог щодо точності потрапляння пристрою контролю у задану точку території НС.

Висновки

1. Розроблені науково-технічні основи створення комплексної функціональної схеми системи моніторингу за зміною меж зони НС, рівнем небезпеки в ній та прогнозування виникнення нових ризиків, яка характеризується тим, що для підвищення оперативності моніторингу та прогнозування виникнення нових ризиків сумісно застосовуються БПЛА та наземні пристрої контролю небезпечних факторів НС.

2. Розроблена система моніторингу дозволяє проводити доставку в зону НС наземних автоматизованих пристроїв контролю БПЛА (безпілотний літак або вертоліт). Запропонована система моніторингу передбачає розташування диспетчерського пункту отримання й обробки інформації та обладнання для старту БПЛА на наземній рухомій платформі (штабний автомобіль; пожежно-рятувальний автомобіль; автомобіль радіаційної, хімічної та біологічної розвідки; бронетранспортер; машина військової розвідки; тягач та ін.).

3. Представлено підхід і принцип оцінки ефективності покриття території НС автоматизованими пристроями контролю небезпечних факторів, за умов їх доставки в зону небезпеки завислими, над точкою скидання, БПЛА та використання способів поодиначного та касетного скидання вантажу. Отримані аналітичні вирази для розрахунку відносного середнього виграшу у часі для касетного у порівнянні з поодиначним способом доставки автоматизованих пристроїв контролю небезпечних факторів у зону НС.

1. Андронов В.А. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек / В.А. Андронов, А.С. Рогозін, О.М. Соболев, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – 264 с.

2. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.

3. Тютюник В.В. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми

надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. – Х.: Університет цивільного захисту України, 2009. – Вип. 9. – С. 146 – 157.

4. Азімов О.Т. Огляд поточного стану природно-техногенної безпеки в Україні та перспективи розвитку аналітичної інтерактивної системи моніторингу надзвичайних ситуацій засобами дистанційних, телематичних та ГІС-технологій / О.Т. Азімов, П.А. Коротинський, Ю.Ю. Колесніченко // ГЕОІНФОРМАТИКА – 2006. – № 4. – С. 52 – 66.

5. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил: Зб. наук. праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179 – 180.

6. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації: Зб. наук. праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204 – 216.

7. Пат. 105884 Российская Федерация, МПК В64С39/02. Малоразмерный беспилотный летательный аппарат для мониторинга территорий пожаров, террористических актов и техногенных катастроф / Басаргин О.С., Звонов А.А.; патентообладатель: Венес А.В., Емельянов К.Л., Каптуров С.Ю., Кожбахтеев Э.Х., Муниципальное образовательное учреждение Основная общеобразовательная школа-интернат 3, Щербакова Н.С. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://catiz.tverlib.ru/105884>

8. Пат. 92848 Российская Федерация, МПК В64С. Самолет для воздушного мониторинга состояния окружающей среды / Волков А.М., Мухина М.Б. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/32506>

9. Бабушкин Ю.Н. Применение спутниковой навигации при действиях в экстремальных условиях / Ю.Н. Бабушкин // Информост. – 2001. – № 3. – С. 74 – 85.

10. Сердюк И. Пока не грянул гром / И. Сердюк, В. Цымбал // Зеркало недели. – 2005. – 9-15 апреля.

11. Пат. 60922 Україна, МПК(2011.01) G01V3/00. Спосіб оперативного визначення ризиків надзвичайних ситуацій / Якорнов Є.А., Ліпчевська І.Л., Лисенко О.І., Романченко І.С., Андрієвська О.А., Чумаченко С.М., Туровець Ю.С., Крюченко Н.О.; Власники патенту: Якорнов Є.А., Ліпчевська І.Л., Лисенко О.І., Романченко І.С., Андрієвська О.А. – № u201101676; заявл. 14.02.2011; опубл. 25.06.2011, бюл. № 12.

12. Тютюник В.В. Розробка науково-технічних основ системи моніторингу зони надзвичайної ситуації, яка включає доставку автоматизованих пристроїв контролю повітряними безпілотними засобами / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – № 3 (16). – С. 41 – 44.

13. Черногор Л.Ф. О нелинейности в природе и науке / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2008. – 528 с.

14. Тютюник В.В. Аналіз факторів, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2011. – Вип. 4(94). – С. 280 – 284.

15. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.fireman.ru/bd/gost/22-0-05/22-0-05-94.htm#n_3_1_2

16. Михайлов Л.А. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин – СПб.: Питер, 2008. – 235 с.
17. Ліпкан В.А. Національна безпека України / В.А. Ліпкан [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://westudents.com.ua/knigi/368-natsionalna-bezpeka-ukrani-lpkan-va.html>
18. Гурский Б.Г. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск / Б.Г. Гурский, М.А. Лющанов, Э.П. Спирин. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 328 с.
19. Разорёнов Г.Н. Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями) / Г.Н. Разорёнов, Э.А. Бахрамов, Ю.Ф.Титов. – М.: Машиностроение, 2003. – 584 с.
20. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник / И.А. Балаганский, Л.А. Мержневский. – Н.: НГТУ, 2004. – 408 с.
21. Бабкин А.В. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.

В.В. Тютюник, В.Д. Калугин, Г.В. Иванец, М.Г. Иванец, Ю.В. Захарченко

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОКРЫТИЯ ТЕРРИТОРИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ИХ РАЗБРАСЫВАНИИ С ЗАВИСАЮЩЕГО НАД ТОЧКОЙ СБРОСА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Представлен подход для оценки эффективности покрытия территории чрезвычайной ситуации с помощью автоматизированных устройств контроля опасных факторов при их разбрасывании с беспилотного летательного аппарата, при условии его зависания на малой высоте над точкой сброса.

V.V. Tiutiunik, V.D. Kalugin, G.V. Ivanets, M. G. Ivanets, Yu.V. Zakharchenko

EFFICIENCY ESTIMATE OF THE EMERGENCY SITUATIONS TERRITORY COVERING BY MEANS OF THE AUTOMATED CONTROL UNITS OF DANGEROUS FACTORS IN CASE OF THEIR SCATTERING FROM THE DUMPING OF THE UNMANNED AERIAL VEHICLE HANGING OVER THE POINT

Approach for efficiency estimate of the emergency situations territory covering by means of the automated control units of dangerous factors in case of their scattering from the dumping of the unmanned aerial vehicle hanging over the point has been presented.

УДК 519.6 : 504.064

О.О. ПОПОВ

Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
м. Київ

РОЗРОБКА СТОХАСТИЧНОЇ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ ВІД ТЕХНОГЕННО- НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Запропоновано і обґрунтовано стохастичний підхід до моделювання техногенних навантажень на атмосферу викидів від потенційно-небезпечних об'єктів, який враховує ймовірнісний розподіл метеорологічних факторів. Для збільшення точності стохастичної моделі здійснено інтерполяцію ймовірнісних характеристик для проміжних напрямків вітру, враховано ймовірнісний розподіл стратифікації атмосфери, вплив опадів, хімічну трансформацію домішок і поглинання підстилаючою поверхнею. Розроблено методику та програмні засоби для картографічного відображення зони впливу одного або декількох потенційно-небезпечних об'єктів з метою визначення рівня техногенного забруднення, орієнтовані на підтримку прийняття рішень з питань екологічної безпеки атмосфери. Для прикладу побудовано стохастичні математико-картографічні моделі забруднення приземного шару атмосфери діоксидом азоту в результаті викидів від ТЕЦ-5 та діоксидом сірки від викидів найбільших стаціонарних джерел забруднення м. Києва. Адекватність розроблених моделей підтверджено на основі порівняння отриманих математичних розрахунків з даними відповідних постів спостереження за забрудненням.

Вступ

Електроенергетика є базовою галуззю народного господарства розвинених держав і в тому числі України, яка забезпечує потребу держави в електричній енергії та має можливість виробляти значну кількість електроенергії для експорту.

Розподіл виробництва електроенергії в Україні за типами електростанцій наведений в [9]. Значна частина електроенергії виробляється на ТЕС та ТЕЦ, які працюють на таких видах палива, як природний газ, мазут та вугілля. При цьому кількість викидів прямо пропорційна кількості виробленої енергії. Тобто, найбільшими забруднювачами в Україні є ТЕЦ та ТЕС. Так, в Києві на долю ТЕЦ припадає 53 % всіх викидів в атмосферу.

У викидах теплових електростанцій містяться такі небезпечні речовини, як окисел вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки, вуглеводні і 3,4-бенз(а)пірен, які мають токсичну дію і створюють ризики для населення прилеглих територій. Таким чином, виникає актуальна задача визначення рівня забруднення, яке створюється від дії підприємств ПЕК, в першу чергу – теплових електростанцій.

Постановка задачі

В [3, 4, 5, 7, 8] розглянуто фактори, які впливають на концентрацію та процес розповсюдження домішок в атмосфері міста, викинутих одинарним джерелом забруднення (ДЗ) – трубою. В програмному математичному середовищі Matlab 7 реалізовано різні математичні моделі забруднення атмосфери, за якими можна розраховувати концентрації небезпечних речовин для прилеглих територій. Розглянуто основні напрямки моделювання поширення забруднюючих речовин (ЗР) в атмосфері міста. Виконані розрахунки концентрації забруднення за найбільш поширеними математичними моделями.

У вищевказаних роботах застосовувались детерміновані моделі розсіювання домішок в атмосфері. Проте, такі моделі досить зручні для аналізу техногенних

навантажень, пов'язаних з короткочасним впливом несприятливих факторів. У випадку дослідження більш тривалих впливів ці моделі не забезпечують високої точності, так як вони не враховують ймовірнісного розподілу метеорологічних характеристик в часі. Тобто не враховувався випадковий характер напрямку та швидкості вітру, а також стратифікації атмосфери, що досить важливо при обчисленні середнього рівня концентрації за певний період часу.

Також, варто відзначити, що математичні розрахунки без врахування особливостей прилеглих територій не забезпечують потрібного рівня екологічних оцінок для визначення навантажень від конкретного джерела викидів. Для більш глибокого дослідження впливу ДЗ на прилеглі території та населення необхідно наносити математичні розрахунки на карту.

В даній статті розв'язується задача побудови стохастичної математико-картографічної моделі забруднення атмосфери викидами від техногенно-небезпечних підприємств. Модель досліджується з використанням реальних даних на прикладі ТЕЦ-5 та інших стаціонарних ДЗ м. Києва.

Розв'язання задачі

Як показано в статті [7], досліджені математичні моделі для визначення розподілу забруднення вздовж вісі факела викидів за найбільш несприятливих метеорологічних умов та небезпечній швидкості вітру дають майже однакові результати. Тому, за основу побудови стохастичної математико-картографічної моделі виберемо офіційну модель МАГАТЕ, яка базується на гаусовому розподілі концентрації, оскільки вона досить просто реалізується на ЕОМ і в той же час однозначно враховує основні фактори впливу на процес розсіювання. Нагадаємо, що модель МАГАТЕ має вигляд:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z - H_{ef})^2}{\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z + H_{ef})^2}{\sigma_z^2}\right] \right\} \exp\left[-\frac{\alpha x}{u}\right], \quad (1)$$

де Q – потужність неперервного джерела, [г/с]; $\sigma_y(x)$ – горизонтальна дисперсія, [м]; $\sigma_z(x)$ – вертикальна дисперсія, [м]; H_{ef} – ефективна висота підйому факела викидів, [м]; u – швидкість вітру на висоті H_{ef} , [м/с]; α – інтегральний коефіцієнт, який враховує зміну концентрації ЗР за рахунок впливу інших факторів зовнішнього середовища (вимивання опадами, хімічна трансформація, поглинання підстилаючою поверхнею і т.д.).

Формули для обчислення u , H_{ef} , α , $\sigma_y(x)$ та $\sigma_z(x)$ можна знайти в роботах [1, 5, 7].

Зрозуміло, що протягом певного періоду часу T метеорологічні умови змінюються, тобто вітер змінює свій напрямок та швидкість і також змінюється стан атмосфери. Тому, для того, щоб визначити середній рівень забруднення за певний період часу, необхідно враховувати випадковий характер зазначених факторів. Отже, необхідно перейти до стохастичної моделі розсіювання забруднення.

Розглянемо задачу розповсюдження забруднення від джерела викидів за визначений часовий період T (як правило, місяць, квартал або рік) в залежності від метеорологічних умов. Нехай для регіону, де розташоване дане джерело викидів (наприклад, промислове підприємство), протягом досліджуваного періоду часу T має місце n типових метеорологічних ситуацій, тривалість кожної складає t_i . Тоді, нехтуючи перехідними процесами [6], можна вважати, що загальний процес розповсюдження забруднення за період T неперервний в часі та складається з чергування метеорологічних ситуацій різного типу. Час перебудови структури розподілу забруднення в регіоні через зміну напрямку вітру значно менше часу руху вітру в одному напрямку, тому, очевидно, можна розраховувати розповсюдження забруднення, яке відповідає одному напрямку руху повітряних мас, а потім проводити осереднення значень забруднення, що відповідає певному сезону.

Після виконання розрахунків для кожної метеорологічної ситуації осереднення

концентрації забруднення за період $T = \sum_{i=1}^n t_i$ здійснюється за формулою:

$$C_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = C_1 \frac{t_1}{T} + C_2 \frac{t_2}{T} + \dots + C_n \frac{t_n}{T} = C_1 p_1 + C_2 p_2 + \dots + C_n p_n = \sum_{i=1}^n C_i p_i \quad (2)$$

де C_i – значення концентрацій забруднюючої речовини, які характерні для певної метеорологічної ситуації тривалістю t_i ; p_i – повторюваність або ймовірність i -ої метеорологічної ситуації.

Для розв'язання задачі знаходження середньої концентрації забруднення на певній території за визначений період часу необхідно оперувати характеристиками метеорологічних режимів, які спостерігались протягом досліджуваного періоду часу. Метеорологічний режим визначається наступними основними характеристиками: напрямком вітру, швидкістю повітряних мас, станом атмосфери та кількістю опадів. Метрологічні служби щоденно визначають середньодобовий напрямок та швидкість вітру. Середньодобовий напрямок вітру відповідає одному з 8 основних напрямків сторін світу: західний, південно-західний, південний, південно-східний, східний, північно-східний, північний, північно-західний.

Як правило, проміжком часу, протягом якого визначається усереднена концентрація забруднення, є місяць чи рік. Інформація про метеорологічний режим, який спостерігався протягом певного місяця чи року, метеорологічними службами надається в наступному вигляді:

1. Повторюваність напрямків вітру та штилів для даного регіону у відсотках у вигляді таблиці чи рози вітрів. Приклад рози вітрів наведено в [3].

Має місце рівність: $P_{сх} + P_{пн-сх} + P_{пн} + P_{пн-зх} + P_{зх} + P_{пд-зх} + P_{пд} + P_{пд-сх} = 100\%$, де $P_{сх}$, $P_{пн-сх}$, ..., $P_{пд-сх}$ – відсоток повторюваності східного, північно-східного та інших напрямків відповідно.

Як правило, в задачах, де застосовується ймовірність, оперують відносною величиною ймовірності, а не відсотками. Тобто ймовірність задану у відсотках, ділять на 100%. Надалі всі обчислення будемо виконувати у відносних ймовірностях.

2. Швидкість вітру та повторюваність по градаціям швидкостей вітру, які представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Ймовірнісний розподіл швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	Штиль, 0-1	1-2	2-3	3-4	...	$(k-1)-k$
Ймовірність	$p_1 = P_{шт}$	p_2	p_3	p_4	...	p_k

Має місце рівність $\sum_{i=1}^k p_i = 1$.

Також надається інформація про середню $u_{сер}$ та максимальну u_{max} швидкість вітру за досліджуваній період часу.

3. Кількість опадів, [мм].

З урахуванням рози вітрів формула осереднення концентрації (2) буде мати вигляд:

$$C_{сер} = C_{сх} P_{сх} + C_{пн-сх} P_{пн-сх} + C_{пн} P_{пн} + C_{пн-зх} P_{пн-зх} + C_{зх} P_{зх} + C_{пд-зх} P_{пд-зх} + C_{пд} P_{пд} + C_{пд-сх} P_{пд-сх} + C_{шт} P_{шт}, \quad (3)$$

де $C_{сх}$, $C_{пн-сх}$, ..., $C_{пд-сх}$, $C_{шт}$ – стаціонарні розподіли забруднення, які відповідають східному, північно-східному, ..., південно-східному напрямкам вітру та штилю при певній

середній швидкості руху повітряних мас даного напрямку.

В [3] зображено екологічну карту середнього забруднення приземного шару атмосфери (ПША) за 2015 р. Карта побудована за відповідною розою вітрів та при середній швидкості вітру за рік $u_{сер} = 2,4$ м/с.

Отриманий розподіл концентрації діоксиду азоту не відповідає реальним умовам, оскільки не враховуються проміжні напрямки вітру між основними вісьма. А також значну похибку вносить використання лише середньої швидкості вітру, оскільки, як показано в [5, 7, 8], рівень концентрації значно залежить від швидкості вітру. Тому, для збільшення точності необхідно здійснити інтерполяцію проміжних напрямків вітру, а також використати ймовірнісний розподіл швидкості вітру за період T (табл. 1). Також потрібно врахувати зміну стану атмосфери протягом періоду T .

Інтерполяція проміжних напрямків вітру

Для інтерполяції розбиваємо всю розу вітрів на n напрямків з кроком $\Delta\varphi$. При восьми румбовій розі вітрів найбільш зручним для інтерполяції є крок $\Delta\varphi = 5^\circ$ або $\Delta\varphi = \pi/36$ рад. Тоді кількість напрямків розповсюдження забруднення буде становити $n = 360^\circ/5^\circ = 72$.

Інтерполяція проміжних значень ймовірності напрямків вітру при такій градації здійснюється геометрично. Для різних проміжків маємо:

- 1) $1 \leq n \leq 10$, $\bar{P}_{1-10} = P_{cx} \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin\left((n-1)\frac{\pi}{36} + \alpha_1\right)}$, де $\alpha_1 = \left| \arctg\left(\frac{P_{пн-сх}}{P_{пн-сх} - P_{сх} \sqrt{2}}\right) \right|$;
- 2) $11 \leq n \leq 19$, $\bar{P}_{11-19} = P_{пн-сх} \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin\left((n-10)\frac{\pi}{36} + \alpha_2\right)}$, де $\alpha_2 = \left| \arctg\left(\frac{P_{пн} \sqrt{2}}{P_{пн-сх}} - 1\right) \right| + \frac{\pi}{4}$;
- 3) $20 \leq n \leq 28$, $\bar{P}_{20-28} = P_{пн} \frac{\sin(\alpha_3)}{\sin\left((n-19)\frac{\pi}{36} + \alpha_3\right)}$, де $\alpha_3 = \left| \arctg\left(\frac{P_{пн-3х}}{P_{пн} \sqrt{2} - P_{пн-3х}}\right) \right|$;
- 4) $29 \leq n \leq 37$, $\bar{P}_{29-37} = P_{пн-3х} \frac{\sin(\alpha_4)}{\sin\left((n-28)\frac{\pi}{36} + \alpha_4\right)}$, де $\alpha_4 = \left| \arctg\left(\frac{P_{3х} \sqrt{2}}{P_{пн-3х}} - 1\right) \right| + \frac{\pi}{4}$;
- 5) $38 \leq n \leq 46$, $\bar{P}_{38-46} = P_{3х} \frac{\sin(\alpha_5)}{\sin\left((n-37)\frac{\pi}{36} + \alpha_5\right)}$, де $\alpha_5 = \left| \arctg\left(\frac{P_{пд-3х}}{P_{3х} \sqrt{2} - P_{пд-3х}}\right) \right|$;
- 6) $47 \leq n \leq 55$, $\bar{P}_{47-55} = P_{пд-3х} \frac{\sin(\alpha_6)}{\sin\left((n-46)\frac{\pi}{36} + \alpha_6\right)}$, де $\alpha_6 = \left| \arctg\left(\frac{P_{пд} \sqrt{2}}{P_{пд-3х}} - 1\right) \right| + \frac{\pi}{4}$;
- 7) $56 \leq n \leq 64$, $\bar{P}_{56-64} = P_{пд} \frac{\sin(\alpha_7)}{\sin\left((n-55)\frac{\pi}{36} + \alpha_7\right)}$, де $\alpha_7 = \left| \arctg\left(\frac{P_{пд-сх}}{P_{пд} \sqrt{2} - P_{пд-сх}}\right) \right|$;
- 8) $65 \leq n \leq 72$, $\bar{P}_{65-72} = P_{пд-сх} \frac{\sin(\alpha_8)}{\sin\left((n-64)\frac{\pi}{36} + \alpha_8\right)}$, де $\alpha_8 = \left| \arctg\left(\frac{P_{сх} \sqrt{2}}{P_{пд-сх}} - 1\right) \right| + \frac{\pi}{4}$.

Отримані таким чином значення \bar{P}_i не імовірнісного змісту, оскільки $\sum_{i=1}^{72} \bar{P}_i > 1$. Для того, щоб отримати остаточний розподіл ймовірностей по напрямкам, необхідно отримані \bar{P}_i поділити на $\sum_{i=1}^{72} \bar{P}_i$. Таким чином, отримуємо шукані ймовірності: $P_i = \bar{P}_i / \sum_{i=1}^{72} \bar{P}_i$.

Оскільки на процес розповсюдження забруднення в атмосфері істотно впливає швидкість вітру, то для більш точного визначення поля розподілу концентрації забруднення необхідно враховувати всі швидкості вітру, які спостерігалися протягом часу T , а не здійснювати моделювання тільки для середніх значень. Для цього потрібно обчислити відносну повторюваність швидкостей вітру за географічними напрямками. Наприклад, для того, щоб отримати відносну повторюваність швидкостей вітру при східному напрямку вітру, необхідно перемножити ймовірність даного напрямку $P_{cx} = P_1$ на ймовірності відповідних швидкостей вітру p_{1-k} (табл. 2). Аналогічно отримуємо відносну повторюваність швидкостей вітру за іншими напрямками. Порядок обчислень показано в табл. 2.

Таблиця 2. Ймовірнісний розподіл швидкості вітру за напрямками

Швидкість вітру, м/с	Напрямок вітру				Сума
	$Cx, 0^\circ$	5°	...	355°	
Штиль, 0-1	$p_1 = P_{шт}$				$p_1 = P_{шт}$
1-2	$P_1 \cdot p_2$	$P_2 \cdot p_2$...	$P_{72} \cdot p_2$	p_2
2-3	$P_1 \cdot p_3$	$P_2 \cdot p_3$...	$P_{72} \cdot p_3$	p_3
...
$(k-1)-k$	$P_1 \cdot p_k$	$P_2 \cdot p_k$...	$P_{72} \cdot p_k$	p_k
Сума					$\sum_{i=1}^k p_i = 1$

Істотний вплив на форму факела викидів від ДЗ і тим самим на розподіл приземної концентрації забруднюючих речовин здійснює стан (стратифікація) атмосфери. Розрізняють шість основних станів атмосфери, кожен з яких характеризується температурним градієнтом, тобто розподілом температури з висотою [7]. Так, за умов конвекції атмосфера характеризується значною турбулентністю з великим розміром вихорів. Це сприяє швидкому переміщенню забруднення до ПША, де створюється значний рівень забруднення. За нейтральної атмосфери на розсіювання домішок впливають вихори маленьких розмірів. При цьому забруднення досягає поверхні землі значно далі, ніж за умов конвекції з меншим максимумом концентрації. А за умов інверсії турбулентність практично відсутня і факел забруднення майже паралельний землі. Рівень концентрації в ПША за стійкого стану менше, ніж за нестійкого та нейтрального станів. В [7] показані різні форми факелів викидів за різного стану атмосфери.

В [3, 4] в графічному вигляді зображений розподіл ймовірностей станів атмосфери в залежності від швидкості вітру. Стратифікація атмосфери суттєво залежить від швидкості вітру і цим не можна нехтувати при знаходженні концентрації забруднення.

За графічними даними побудовано таблицю розподілів ймовірностей станів атмосфери від швидкості вітру (табл. 3).

Таблиця 3. Ймовірнісний розподіл стану атмосфери в залежності від швидкості вітру

Стан атмосфери	Швидкість вітру, м/с						
	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5
A	0,64	0,38	0,21	0,11	0,06	0,03	0,02
B	0,35	0,35	0,3	0,25	0,17	0,08	0
C	0	0,19	0,31	0,33	0,33	0,31	0,27
D	0,01	0,08	0,16	0,22	0,31	0,38	0,44
E	0	0	0,02	0,07	0,1	0,13	0,18
F	0	0	0	0,02	0,03	0,07	0,09
Сума	1	1	1	1	1	1	1

За основні значення швидкостей вітру взято середини часткових інтервалів.

Для визначення ряду розподілу стратифікації атмосфери при швидкості вітру 1,5 м/с здійснювалась екстраполяція графічних даних вліво.

Таким чином, основні ймовірнісні параметри для моделювання розповсюдження забруднення визначені.

Почнемо запис ймовірнісної моделі з розгляду розповсюдження домішок при певному напрямку та швидкості вітру. Нехай це буде східний вітер зі швидкістю $u_1 = 1,5$ м/с. Тоді модель, з урахуванням ймовірнісного розподілу стратифікації атмосфери, буде мати вигляд:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi} P_{11} \sum_{i=1}^6 p_{1i} \frac{1}{u_{1i} \sigma_{y_i} \sigma_{z_i}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_{y_i}^2}\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z - H_{ef1})^2}{\sigma_{z_i}^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z + H_{ef1})^2}{\sigma_{z_i}^2}\right] \right\} \cdot \exp\left[-\frac{\alpha x}{u_{1i}}\right], \quad (4)$$

де P_{11} – ймовірність східного напрямку вітру при швидкості $u_1 = 1,5$ м/с (табл. 2); p_{1i} – ймовірність i -го стану атмосфери при швидкості вітру $u_1 = 1,5$ м/с (табл. 3); u_{1i} – швидкості вітру на ефективній висоті факела викидів при швидкості вітру на висоті флюгера $u_1 = 1,5$ м/с та i -ій стратифікації атмосфери; $\sigma_{y_i}, \sigma_{z_i}$ – відповідно горизонтальна та вертикальна дисперсії i -ої стратифікації атмосфери; H_{ef1} – ефективна висота факела викидів при швидкості вітру на висоті флюгера $u_1 = 1,5$ м/с.

Надалі, необхідно просумувати (4) за різними швидкостями вітру без врахування штилю (нехай таких швидкостей буде k). Будемо мати:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi} \sum_{j=1}^k P_{1j} \sum_{i=1}^6 p_{ji} \frac{1}{u_{ji} \sigma_{y_i} \sigma_{z_i}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_{y_i}^2}\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z - H_{efj})^2}{\sigma_{z_i}^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z + H_{efj})^2}{\sigma_{z_i}^2}\right] \right\} \cdot \exp\left[-\frac{\alpha x}{u_{ji}}\right]. \quad (5)$$

Вираз (5) є ймовірнісною моделлю розсіювання забруднення для певного напрямку вітру (східного). Остаточно, щоб отримати повну ймовірнісну модель, просумуємо (5) за всіма напрямками вітру, врахувавши штиль:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi} \sum_{m=1}^{72} \sum_{j=1}^k P_{mj} \sum_{i=1}^6 p_{ji} \frac{1}{u_{ji} \sigma_{y_i} \sigma_{z_i}} \exp \left[-\frac{(-x \sin \varphi_m + y \cos \varphi_m)^2}{2\sigma_{y_i}^2} \right] \times \left\{ \exp \left[-\frac{(z - H_{ef_j})^2}{\sigma_{z_i}^2} \right] + \exp \left[-\frac{(z + H_{ef_j})^2}{\sigma_{z_i}^2} \right] \right\} \cdot \exp \left[-\frac{\alpha (x \cos \varphi_m + y \sin \varphi_m)}{u_{ji}} \right] + C_{шт} P_{шт}, \quad (6)$$

де φ_m – кут, який утворює m -ий напрямок вітру із східним напрямком.

Цікавим є питання визначення розподілу забруднення в умовах штилю. Послаблення вітру в ПША до штилю спостерігається з великою повторюваністю в багатьох географічних областях. Особливо воно характерне для областей з континентальним та помірно континентальним кліматом, до яких відноситься Київ. Однак, сильне послаблення вітру спостерігається більшою частиною тільки до рівнів біля 20 м. Вище відмічається порівняно різке підсилення вітру [1].

Для визначення рівня концентрацій в ПША за умов штилю скористаємось результатами, які отримані в [1, 3, 7]. Математична модель розсіювання домішок за відсутності вітру в шарі L має вигляд:

$$C_{шт} = \frac{Q}{\pi u_{(H_{ef}-L)} \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right] \cdot \exp \left[-\frac{(H_{ef} - L)^2}{2\sigma_z^2} \right] \times \left\{ \exp \left[-\frac{(z - H_{ef} + L)^2}{\sigma_z^2} \right] + \exp \left[-\frac{(z + H_{ef} - L)^2}{\sigma_z^2} \right] \right\} \cdot \exp \left[-\frac{\alpha x}{u_{(H_{ef}-L)}} \right], \quad (7)$$

де $u_{(H_{ef}-L)}$ – швидкість вітру на висоті $H_{ef} - L$.

Враховуючи формулу (7), остаточно стохастична математична модель забруднення атмосфери від викидів техногенних об'єктів буде мати вигляд:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi} \sum_{m=1}^{72} \sum_{j=1}^k P_{mj} \sum_{i=1}^6 p_{ji} \frac{1}{\sigma_{y_i} \sigma_{z_i}} \cdot \exp \left[-\frac{(-x \sin \varphi_m + y \cos \varphi_m)^2}{2\sigma_{y_i}^2} \right] \times \left(\frac{1}{u_{ji}} \cdot \left\{ \exp \left[-\frac{(z - H_{ef_j})^2}{\sigma_{z_i}^2} \right] + \exp \left[-\frac{(z + H_{ef_j})^2}{\sigma_{z_i}^2} \right] \right\} \cdot \exp \left[-\frac{\alpha (x \cos \varphi_m + y \sin \varphi_m)}{u_{ji}} \right] + P_{шт} \cdot \frac{1}{u_{ji(H_{ef}-L)}} \cdot \left\{ \exp \left[-\frac{(z - H_{ef_j} + L)^2}{\sigma_{z_i}^2} \right] + \exp \left[-\frac{(z + H_{ef_j} - L)^2}{\sigma_{z_i}^2} \right] \right\} \times \exp \left[-\frac{\alpha (x \cos \varphi_m + y \sin \varphi_m)}{u_{ji(H_{ef}-L)}} \right] \right). \quad (8)$$

Для побудови геоінформаційної моделі забруднення атмосфери від викидів техногенних об'єктів розроблено спеціальну методику та програмні засоби моделювання з використанням систем Matlab та ArcMap [2, 3, 7].

Алгоритм побудови математико-картографічної моделі техногенних навантажень на атмосферу з використанням універсальних програмних засобів Matlab та ArcMap показаний на рис. 1.

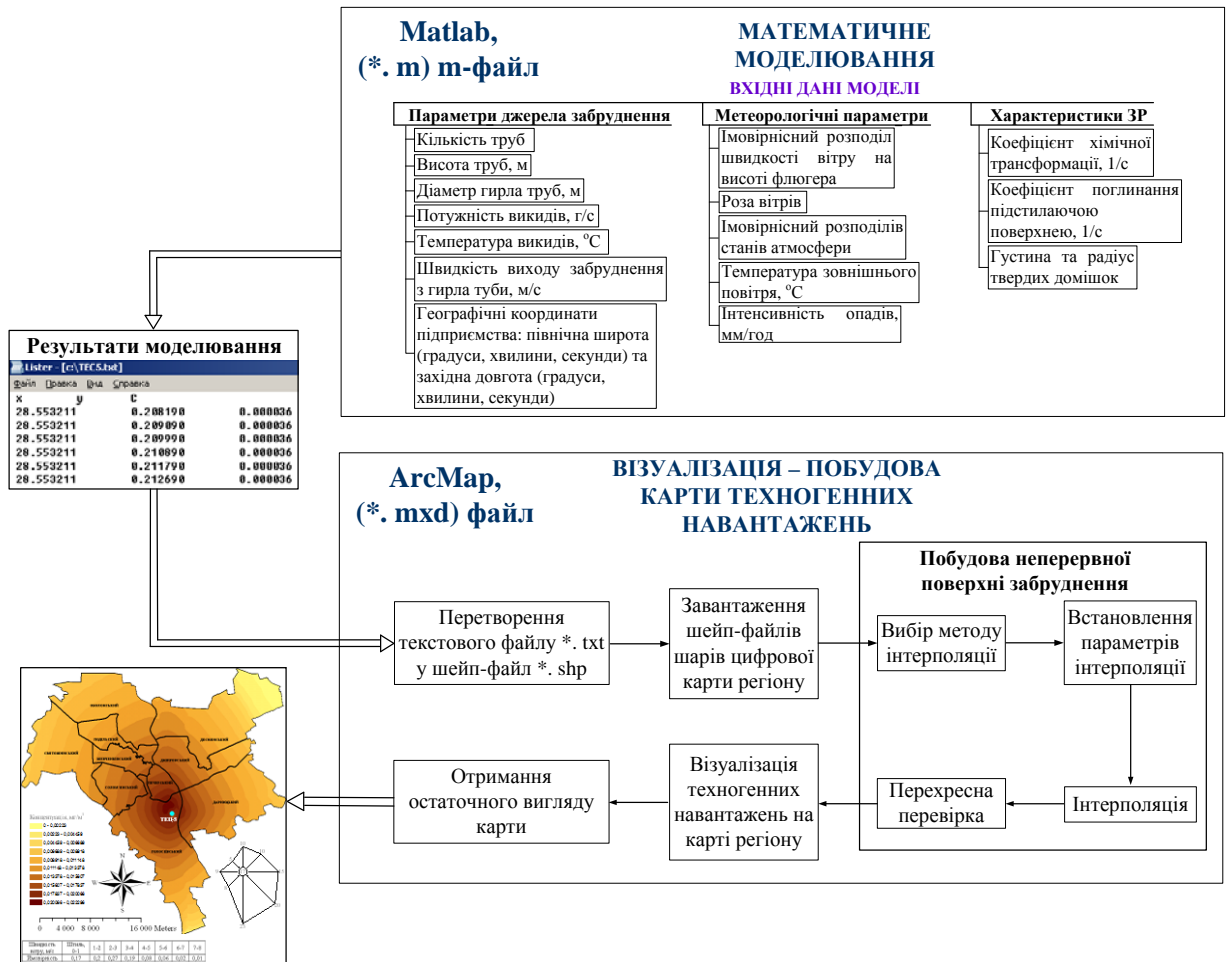


Рис. 1. Алгоритм побудови математико-картографічної моделі техногенних навантажень на атмосферу на основі застосування Matlab та ArcMap

Розроблена методика та програмні засоби використовувалися для моделювання найбільш небезпечних сценаріїв забруднення атмосфери м. Києва викидами теплових електростанцій (на прикладі ТЕЦ-5 та інших підприємств ПЕК). Результати аналізу представлені у вигляді екологічних карт техногенних навантажень на ПША.

На рис. 2 показана екологічна електронна карта, побудована на основі реальних метеорологічних даних, які спостерігались протягом липня 2015 р., для візуалізації розподілу середнього рівня концентрації діоксиду азоту в ПША від викидів ТЕЦ-5 м. Києва за вказаний період.

Здійснюючи порівняння отриманих рівнів концентрації діоксиду азоту з гранично допустимими концентраціями, будемо мати:

$$C_{\max}(\text{NO}_2)/\text{ГДК}_{\text{м.р.}}(\text{NO}_2) = 0,018/0,085 = 0,221 < 1,$$

$$C_{\max}(\text{NO}_2)/\text{ГДК}_{\text{с.д.}}(\text{NO}_2) = 0,018/0,04 = 0,47 < 1.$$

Таким чином, в середньому за липень 2015 р. рівень концентрації діоксиду азоту, який викидає ТЕЦ-5, є прийнятним.

Запропонована стохастична модель дозволяє визначити середній рівень забруднення за певний період часу (місяць, рік) від будь-якої кількості підприємств, які знаходяться на досліджуваній території.

На рис. 3 зображена карта розподілу діоксиду сірки за липень 2015 р. від викидів найбільших стаціонарних джерел викидів даної ЗР в м. Києва, якими є ЗАТ

«Енергогенеруюча компанія Дартеплоцентрально» (ТЕЦ-4), ТЕЦ-5, ТЕЦ-6, ВАТ Завод по переробці сміття «Енергія», ВАТ «Корчуватський комбінат будівельних матеріалів», Бортницька станція аерації (ВАТ АК Київводоканал), Дарницький вагоноремонтний завод, завод «Укрпластик».

Для перевірки адекватності розроблених моделей значення концентрацій, які отримані в результаті моделювання, порівнювались з даними натурних вимірювань, які проводилися на постах спостереження за станом ПША м. Києва. Щоб нейтралізувати вплив транспорту, для порівняння були обрані пости спостереження, розташовані в зеленій зоні. Порівняльний аналіз показав, що результати моделювання з досить високою точністю співпадають з виміряними концентраціями, що підтверджує адекватність запропонованих моделей.

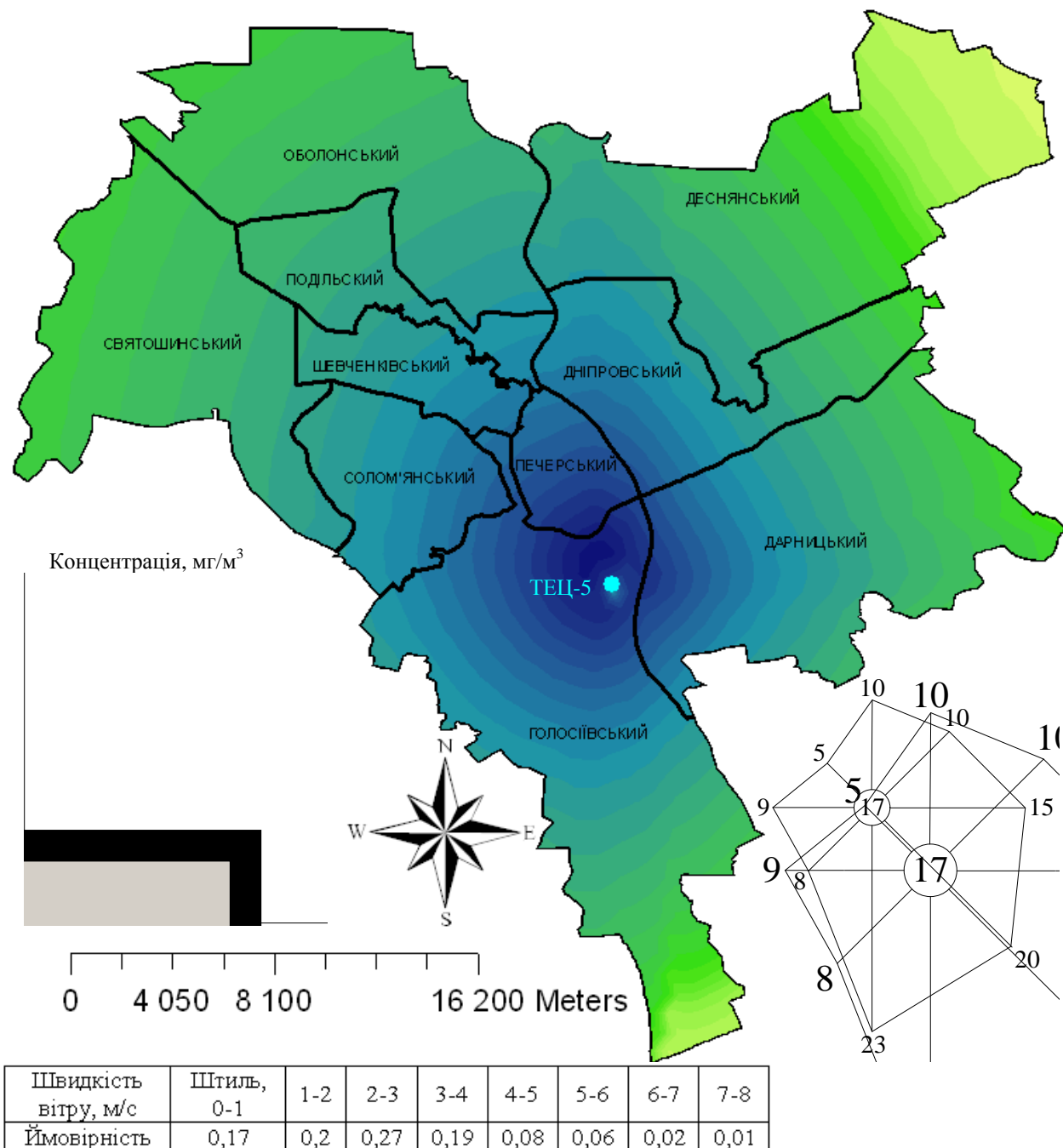


Рис. 2. Карта забруднення ПША викидами діоксидом азоту від ТЕЦ-5

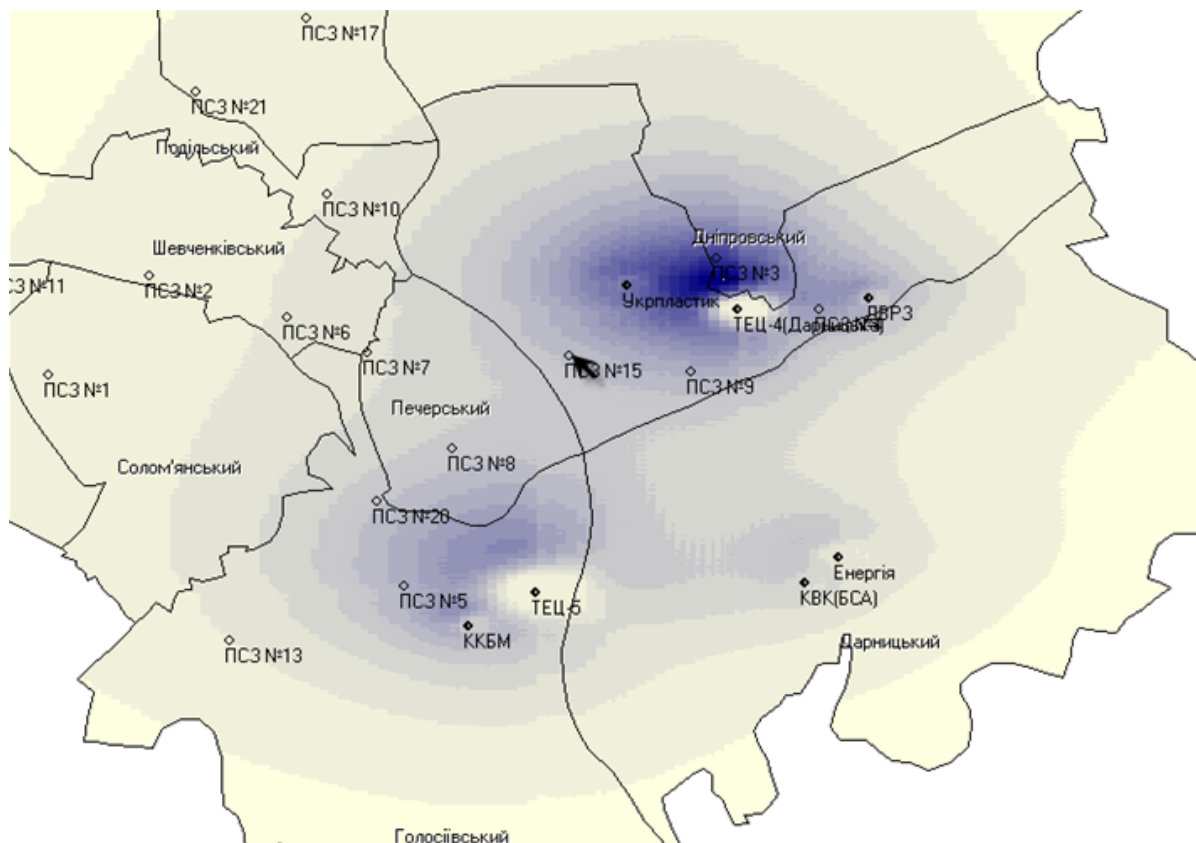


Рис. 3. Карта техногенних навантажень на ПША від викидів декількох підприємств

Розроблені стохастичні математико-картографічні моделі є потужним засобом для розв'язання актуальних задач екологічної безпеки атмосфери в зонах впливу потенційно-небезпечних об'єктів. Дані, які отримуються в результаті моделювання, є основою для прийняття своєчасних ефективних рішень щодо регулювання ризиком для здоров'я населення, яке проживає на територіях із забрудненим ПША.

Висновки

Детерміновані математичні моделі розсіювання домішок в атмосфері досить зручні для аналізу техногенних навантажень, пов'язаних з короткочасним впливом несприятливих факторів. У випадку дослідження більш тривалих впливів ці моделі не забезпечують високої точності, так як вони не враховують динаміку метеорологічних характеристик тобто їх ймовірнісний розподіл в часі, що досить важливо при обчисленні середнього рівня концентрації за певний період часу.

Для подолання даної проблеми в роботі запропоновано і обґрунтовано стохастичний підхід до моделювання техногенних навантажень на атмосферу викидів від техногенних об'єктів, який враховує ймовірнісний розподіл метеорологічних факторів. Для збільшення точності стохастичної моделі здійснено інтерполяцію ймовірнісних характеристик для проміжних напрямків вітру, враховано ймовірнісний розподіл стратифікації атмосфери, вплив опадів, хімічну трансформацію домішок і поглинання підстилаючою поверхнею.

Розроблено методику та програмні засоби для картографічного відображення зони впливу одного або декількох потенційно-небезпечних об'єктів з метою визначення рівня техногенного забруднення, орієнтовані на підтримку прийняття рішень з питань екологічної безпеки атмосфери.

Для прикладу побудовано стохастичні математико-картографічні моделі забруднення ПША діоксидом азоту в результаті викидів від ТЕЦ-5, та діоксидом сірки від викидів найбільших стаціонарних ДЗ м. Києва. Адекватність розроблених моделей підтверджено на основі порівняння отриманих математичних розрахунків з даними відповідних постів спостереження за забрудненням.

1. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
2. Каменева И.П. ГИС-технологии построения экологических карт статистических поверхностей / И.П. Каменева, А.В. Яцишин, Д.А. Полишко, А.А. Попов, Т.В. Бахурец // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2008. – Вип. 49. – С. 81–88.
3. Каменева И.П. Математико-картографическое моделирование техногенных нагрузок на атмосферу / И.П. Каменева, А.А. Попов, А.В. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології. – 2009. – Вип. 51. – С. 58–64.
4. Каменева И.П. Математичне моделювання розповсюдження забруднення в атмосфері на основі розв'язку рівняння турбулентної дифузії / І.П. Каменева, О.О. Попов // Матеріали Міжнародної наукової конференції “Моделювання – 2008”, (м. Київ, 14–16 травня 2008 р.) – К. : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2008. – Т. 2. – С. 602–607.
5. Каменева И.П. Моделювання забруднення атмосфери на основі Гаусового розподілу концентрацій / І.П. Каменева, О.О. Попов, А.В. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології. – 2008. – Вип. 49. – С. 24–31.
6. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г.И. Марчук. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
7. Попов О.О. Математичне моделювання розповсюдження техногенного забруднення від підприємств паливної енергетики / О.О. Попов // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2009. – Вип. 51. – С. 73–84.
8. Попов О.О. Стаціонарна та нестаціонарна математичні моделі розповсюдження забруднення в атмосфері / О.О. Попов // Матеріали міжнародної наукової конференції „Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2008)” (м. Євпаторія, 19–23 травня 2008 р.). – Херсон : ХНТУ, 2008. – Т.2, Ч.2. – С. 34–37.
9. Сердюцкая Л.Ф. Влияние некоторых параметров ТЭС на состав и количество загрязняющих веществ выбросах в атмосферу / Л.Ф. Сердюцкая, Н.А. Попова // Моделювання та інформаційні технології. – 2007. – № 40. – С. 73–82.

А.А. Попов

РАЗРАБОТКА СТОХАСТИЧЕСКОЙ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОТ ТЕХНОГЕННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Предложен и обоснован стохастический подход к моделированию техногенных нагрузок на атмосферу выбросов от потенциально-опасных объектов, учитывающий вероятностное распределение метеорологических факторов. Для увеличения точности стохастической модели осуществлена интерполяция вероятностных характеристик для промежуточных направлений ветра, учтено вероятностное распределение стратификации атмосферы, влияние осадков, химическую трансформацию примесей и поглощение подстилающей поверхностью. Разработана методика и программные средства для картографического отображения зоны влияния одного или нескольких потенциально опасных объектов с целью определения уровня техногенного загрязнения, ориентированные на поддержку принятия решений по вопросам экологической безопасности атмосферы. Для примера построены стохастические математико-

картографические модели загрязнения приземного слоя атмосферы диоксидом азота в результате выбросов от ТЭЦ-5 и диоксидом серы от выбросов самых больших стационарных источников загрязнения г. Киева. Адекватность разработанных моделей подтверждена на основе сравнения полученных математических расчетов с данными соответствующих постов наблюдения за загрязнением.

O.O. POPOV

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL AND CARTOGRAPHIC STOCHASTIC MODEL OF AIR POLLUTION BY EMISSIONS FROM TECHNOGENIC HAZARDOUS FACILITIES

Stochastic approach is proposed for modeling of potentially dangerous technogenic objects emissions in the atmosphere. This approach considers probability distribution of meteorological factors. Such factors as probability distribution of atmospheric stratification, effect of precipitation, chemical transformation of impurities and absorption by underlying surface were taken into account to increase accuracy of the stochastic model for intermediate wind direction. The method and software for cartographic mapping of influence zones of one or more potentially hazardous objects were developed. These means are aimed on technogenic pollution level determination and oriented to support decision-making on environmental safety of the atmosphere. The stochastic mathematical and cartographical models of surface air pollution by nitrogen dioxide emissions from TPP-5 and sulfur dioxide emissions from major stationary sources of the Kiev city pollution were drawn as examples. Developed models adequacy was confirmed by mathematical calculations to compare the data with appropriate positions for pollution observation.

УДК 519.2:504.05

В.О. КОВАЧ¹, В.О. АРТЕМЧУК², В.О. КУЦЕНКО¹

¹Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

²Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ

СУЧАСНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

В статті розглядаються вітчизняні та закордонні методи аналізу ризиків для навколишнього середовища і здоров'я населення від природних і антропогенних факторів. Виконано класифікацію. Визначено їх основні переваги та недоліки.

Вступ

Останніми роками актуальною проблемою став аналіз і прогноз негативних змін якості оточуючого середовища в результаті природних і антропогенних дій. При цьому виникає необхідність, з одного боку, кількісної оцінки ймовірності виникнення процесів і явищ, що знижують якість навколишнього середовища, а з другого боку, кількісної оцінки можливих збитків від їх прояву.

У основі оцінки таких наслідків лежить методологія аналізу та управління ризиками впливу різних факторів на біосферу та здоров'я населення в цілях збільшення обґрунтованості прийняття управлінських рішень в області екологічної безпеки.

Постановка задачі

Для забезпечення екологічної безпеки на певній території (район, місто, держава тощо), відповідним управлінським органам на початковому етапі потрібно виконати аналіз ризиків для навколишнього середовища та населення, що виникають під впливом природних чи антропогенних факторів.

В даній статті здійснюється аналіз та порівняння основних вітчизняних та закордонних методів аналізу ризиків, які відрізняються методологічним підходом, цілями та завданням аналізу, математичним апаратом тощо.

Розв'язання задачі

Аналіз ризику – систематичне отримання і використання наявної інформації для ідентифікації небезпек і визначення величини ризику для однієї людини, населення та навколишнього природного середовища.

Аналіз ризиків не дає єдиної формули чи алгоритму оцінки ризику, він лише пропонує методологічний підхід, за допомогою якого розкривається можливість вченим та особам, які приймають рішення, ідентифікувати, оцінювати та зменшувати ризики, пов'язані з впливом факторів природного чи антропогенного характеру [2].

Методологія аналізу ризиків дозволяє побудувати "шкалу", за допомогою якої, можна проводити оцінки та порівняння впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини несприятливих факторів.

Оцінювання ризику є одним із основних етапів його аналізу, який передбачає визначення ймовірності виникнення аварій або надзвичайних ситуацій та можливих їхніх наслідків для здоров'я людей, майна і навколишнього середовища [5].

Загальна структура аналізу та оцінювання ризику в природно-техногенній системі представляє собою послідовність таких етапів [4, 6]:

- обґрунтування цілей і завдань аналізу й оцінювання ризику;

- аналіз системних особливостей природно-техногенної системи;
- ідентифікація всіх джерел небезпеки;
- визначення подій, що можуть ініціювати виникнення аварій та надзвичайних ситуацій;
- формування ймовірних сценаріїв розвитку аварій;
- оцінювання ймовірності (частоти) виникнення негативних подій;
- обґрунтування фізико-математичних моделей, розрахунок просторово-часового перенесення і прогнозування масштабів можливих наслідків аварій для населення і територій за різними сценаріями розвитку аварій;
- оцінювання ймовірностей впливу зовнішніх чинників, які не залежать від умов експлуатації промислового об'єкта;
- розрахунок можливих прямих і непрямих збитків від аварій на об'єктах;
- аналіз структури ризику та кількісна оцінка ризику;
- побудова полів потенційного ризику навколо кожного виділеного джерела небезпеки;
- визначення достатності превентивних заходів для забезпечення стійкості об'єкта до зовнішніх впливів;
- визначення пріоритетних заходів зі зниження ризику виникнення аварій і надзвичайних ситуацій.

На рис. 1 показано класифікацію основних методів аналізу ризику, які використовуються у світовій практиці управління ризиками різної природи.

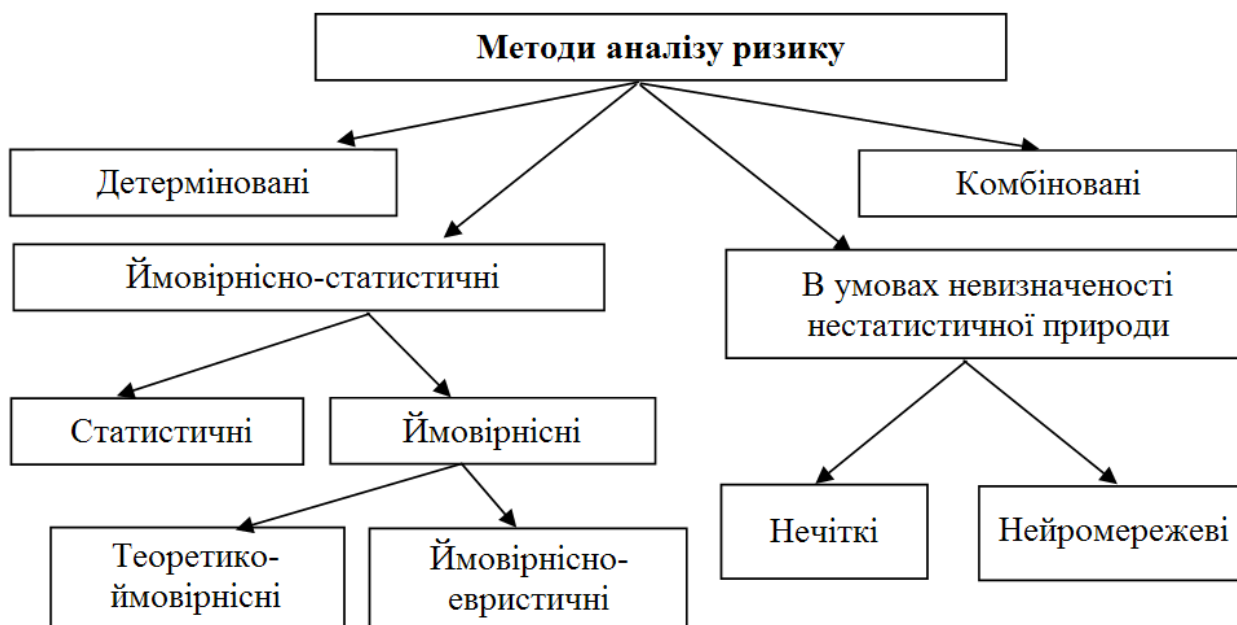


Рис. 1. Класифікація методів аналізу ризику

Детерміновані методи передбачають аналіз етапів розвитку аварій, починаючи від вихідної події через послідовність передбачуваних відмов до усталеного кінцевого стану. Хід аварійного процесу вивчається і передбачається за допомогою математичних імітаційних моделей. Недоліками методу є: потенційна можливість упустити важливі ланцюжки розвитку аварій, що рідко реалізуються; складність побудови достатньо адекватних математичних моделей; необхідність проведення складних і коштовних експериментальних досліджень.

Ймовірнісно-статистичні методи аналізу ризику передбачають як оцінку

ймовірності виникнення аварії, так і розрахунок відносних ймовірностей того чи іншого шляху розвитку процесів. При цьому аналізуються розгалужені ланцюжки подій і відмов, вибирається відповідний математичний апарат і оцінюється повна ймовірність аварії. Розрахункові математичні моделі при цьому можна істотно спростити порівняно з детермінованими методами. Основні обмеження методу пов'язані з недостатньою статистикою по відмовах обладнання. Крім того, застосування спрощених розрахункових схем знижує достовірність одержуваних оцінок ризику для важких аварій. Тим не менш, ймовірнісний метод в даний час вважається одним з найбільш перспективних. На його основі побудовані різні методики оцінки ризиків, які залежно від наявної вихідної інформації поділяються на:

- статистичні, коли ймовірності визначаються за наявними статистичними даними;
- теоретико-ймовірнісні, які використовуються для оцінки ризиків від рідкісних подій, коли статистика практично відсутня;
- ймовірнісно-евристичні, засновані на використанні суб'єктивних ймовірностей, одержуваних за допомогою експертного оцінювання. Використовуються при оцінці комплексних ризиків від сукупності небезпек, коли відсутні не тільки статистичні дані, але і математичні моделі (або їх точність занадто низька).

Методи аналізу ризику в умовах невизначеності нестатистичної природи призначені для опису невизначеності джерела ризику – потенційно небезпечних об'єктів (ПНО), пов'язаних з відсутністю або неповнотою інформації про процеси виникнення і розвитку аварії; людськими помилками; припущеннями застосовуваних моделей для опису розвитку аварійного процесу.

Всі перераховані вище методи аналізу ризику класифікують за характером вихідної і результуючої інформації на якісні та кількісні.

Методи кількісного аналізу ризику характеризуються розрахунком показників ризику. Проведення кількісного аналізу вимагає високої кваліфікації виконавців, великого обсягу інформації по аварійності, надійності обладнання, врахування особливостей навколишньої місцевості, метеоумов, часу перебування людей на території та поблизу об'єкта, щільності населення та інших факторів.

Складні і дорогі розрахунки часто дають значення ризику, точність якого невелика. Для небезпечних виробничих об'єктів точність розрахунків індивідуального ризику, навіть у разі наявності всієї необхідної інформації, не вище одного порядку. При цьому проведення кількісної оцінки ризику більш корисно для порівняння різних варіантів (наприклад, розміщення обладнання), ніж для висновку про ступінь безпеки об'єкта. Зарубіжний досвід показує, що найбільший обсяг рекомендацій щодо забезпечення безпеки виробляється із застосуванням якісних методів аналізу ризику, що використовують менший обсяг інформації та витрат праці. Однак кількісні методи оцінки ризику завжди дуже корисні, а в деяких ситуаціях - єдино допустимі для порівняння небезпек різної природи і при експертизі небезпечних виробничих об'єктів [1, 5, 6].

До детермінованих відносять наступні методи:

- *якісні*: метод перевірного листа (Check-list); "Що буде якщо?" (What - If); попередній аналіз безпеки (Process Hazard and Analysis) (ПНА); "Аналіз видів відмов і наслідків" (АВВН) (Failure Mode and Effects Analysis) (FMEA); аналіз помилкових дій (Action Errors Analysis) (АЕА); концептуальний аналіз ризику (Concept Hazard Analysis) (СНА); концептуальний огляд безпеки (Concept Safety Review) (СР); аналіз людських помилок (Human Hazard and Operability) (Human HAZOP); аналіз впливу людського фактора (Human Reliability Analysis) (HRA) і помилки персоналу (Human Errors or Interactions) (HEI); метод логічного аналізу.

- *кількісні*: методи, засновані на розпізнаванні образів (кластерний аналіз); ранжування (експертні оцінки); методика визначення та ранжування ризику (Hazard Identification and Ranking Analysis) (HIRA); аналіз виду, наслідків та критичності відмови (АВНКВ) (Failure Mode, Effects and Critical Analysis) (FMECA); методика аналізу ефекту

доміно (Methodology of domino effects analysis); методика визначення та оцінки потенційного ризику (Methods of potential risk determination and evaluation)); кількісне визначення впливу на надійність людського фактора (Human Reliability Quantification) (HRQ).

До *ймовірнісно-статистичних* методів відносяться:

- статистичні *якісні* методи: карти потоків;
- *кількісні* методи: контрольні карти.

До *теоретико-ймовірнісних* методів належать:

• *якісні*: причини послідовності нещасних випадків (Accident Sequences Precursor) (ASP);

• *кількісні*: аналіз дерев подій (АДП) (Event Tree Analysis) (ETA); аналіз дерев відмов (АДВ) (Fault Tree Analysis) (FTA); оцінка ризику мінімальних шляхів від ініціюючої до основної події (Short Cut Risk Assessment) (SCRA); дерево рішень; ймовірнісна оцінка ризику ПНО.

До *ймовірнісно-евристичних* методів належать:

• *якісні*: метод експертного оцінювання, метод аналогій;

• *кількісні*: метод бальних оцінок, метод суб'єктивних ймовірностей оцінки небезпечних станів, метод узгодження групових оцінок і т.п.

Ймовірнісно-евристичні методи використовуються при нестачі статистичних даних і у випадку рідкісних подій, коли можливості застосування точних математичних методів обмежені через відсутність достатньої статистичної інформації про показники надійності і технічних характеристик систем, а також через відсутність надійних математичних моделей, що описують реальний стан системи. Ймовірнісно-евристичні методи ґрунтуються на використанні суб'єктивних ймовірностей, одержуваних за допомогою експертного оцінювання.

Виділяють два рівня використання експертних оцінок: якісний і кількісний. На якісному рівні визначаються можливі сценарії розвитку небезпечної ситуації через відмову системи, вибір остаточного варіанта рішення тощо. Точність кількісних (бальних) оцінок залежить від наукової кваліфікації експертів, їх здібностей оцінювати ті чи інші стани, явища, шляхи розвитку ситуації. Тому при проведенні експертних опитувань для вирішення завдань аналізу та оцінки ризику необхідно використовувати методи узгодження групових рішень на основі коефіцієнтів конкордації; побудови узагальнених ранжировок за індивідуальними ранжировками експертів з використанням методу парних порівнянь та інші. Для аналізу різних джерел небезпеки хімічних виробництв методи на основі експертних оцінок можуть використовуватися для побудови сценаріїв розвитку аварій, пов'язаних з відмовами технічних засобів, обладнання та установок; для ранжирування джерел небезпеки [3, 5].

До методів аналізу ризику *в умовах невизначеності нестатистичної природи* відносяться:

• *нечіткі якісні*: метод аналізу безпеки і працездатності (АНП) (Hazard and Operability Study) (HAZOP) і методи, засновані на розпізнаванні образів (нечітка логіка);

• *нейромережеві* методи прогнозування відмов технічних засобів і систем, технологічних порушень і відхилень станів технологічних параметрів процесів; пошуку управляючих впливів, спрямованих на запобігання виникнення аварійних ситуацій, та ідентифікації передаварійних ситуацій на ПНО.

Відмітимо, що аналіз невизначеності у процесі оцінки ризику – це переведення невизначеності вихідних параметрів і припущень, використаних при оцінці ризику, в невизначеності результатів.

Комбіновані методи поєднують різні комбінації детермінованих і ймовірнісних, імовірнісних і нечітких, детермінованих і статистичних та інших методів.

Розрізняють наступні комбіновані методи:

- *якісні*: аналіз максимальної можливості виникнення нещасного випадку

(Maximum Credible Accident Analysis) (МСАА); блок-схема надійності (Reliability Block Diagram) (RBD); аналіз безпеки (Safety Analysis) (SA); аналіз надійності структури (Structural Reliability Analysis) (SRA); таблиці станів і аварійних поєднань; логіко-графічні методи аналізу ризику.

• *кількісні*: повний аналіз ризику – методика оптимального аналізу ризику (Optimum Risk Analysis) (ORA); метод організованого систематичного аналізу ризику (Method Organised Systematic Analysis of Risk) (MOSAR); кількісна оцінка ризику (Quantitative Risk Assessment) (QRA) і деякі інші.

Методи застосовуються залежно від стадії аналізу ризику та цілей дослідження. На стадії ідентифікації небезпек рекомендується використовувати один або декілька з якісних ("Що буде, якщо ...?", перевірочний лист, їх комбінацію, АБВН, АНП) або кількісних (АДВ, АДП) методів аналізу ризику.

Методи можуть застосовуватися незалежно або в доповнення один до одного, причому, якісні методи можуть включати кількісні критерії ризику (в основному, за експертними оцінками з використанням, наприклад, матриці «ймовірність-тяжкість наслідків» ранжирування небезпеки). Повний кількісний аналіз ризику може включати всі зазначені методи або деякі з них. Прикладами комбінованих методів повного кількісного аналізу ризику є методика оптимального аналізу ризику – Optimum Risk Analysis (ORA).

Розглянемо більш детально деякі найбільш розповсюджені методи аналізу ризику.

Методи *перевірочного листа* і «Що буде, якщо ...?» відносяться до якісних методів оцінки небезпеки, засновані на вивченні відповідності умов експлуатації об'єкта або проекту чинним вимогам промислової безпеки. Вони дають уявлення про відхилення від норми і можуть служити основою для кількісних методів аналізу, дозволяють виробити управлінські дії не тільки з боку системи контролю та управління безпекою, а й внести корективи в технологічний процес або модернізувати систему. Метод використовує проміжні ознаки стану системи і сприяє запобіганню небезпечних подій. Результат перевірочного листа – перелік питань і відповідей про відповідність досліджуваної системи вимогам безпеки і вказівки щодо забезпечення безпеки. Метод перевірочного листа відрізняється від методу «Що буде, якщо ...?» більш обширнішим поданням вихідної інформації та результатів про наслідки порушень безпеки. Методи недорогі і найбільш ефективні при дослідженні безпеки добре вивчених об'єктів з відомою технологією або об'єктів з незначним ризиком великих аварій.

Попередній аналіз небезпеки являє собою індуктивний метод досліджень, завданням якого є ідентифікація небезпек, небезпечних ситуацій та подій, які можуть заподіяти шкоду деякій діяльності або системі. Найчастіше його прийнято проводити на ранній стадії розробки проекту промислового об'єкта, коли інформації по структурі, конструкції, деталям і робочим процедурам дуже мало. Даний метод може виявитися корисним також у тих випадках, коли аналізуються існуючі системи або встановлюються пріоритети небезпек, де обставини перешкоджають використанню більш обширної сукупності технічних прийомів.

При проведенні РНА виробляється перелік небезпек і небезпечних ситуацій загального характеру за допомогою розгляду наступних факторів:

- а) матеріали, що використовуються або виробляються, та їх здатність вступати в реакції;
- б) устаткування, що застосовується;
- в) умови навколишнього середовища;
- г) схема розташування;
- д) області контакту і взаємодії між компонентами системи і т.д.

Реалізація даного методу завершується визначенням сценаріїв аварії, якісною оцінкою можливої шкоди або шкоди здоров'ю, яка могла би бути нанесена, та ідентифікацією можливих коригувальних впливів. Отримані результати можуть бути представлені у вигляді таблиць і „дерев”.

Аналіз виду і наслідків відмов розглядає всі види відмов по кожному елементу. Застосовується для якісної оцінки безпеки технічних систем, орієнтований на апаратуру і механічні системи, простий для розуміння, не вимагає застосування математичного апарату. Такий аналіз дозволяє встановити необхідність внесення змін у конструкцію і оцінити їх вплив на надійність системи.

Метод полягає в послідовному розгляді елементів, аналізі всіх можливих видів відмов або аварійних ситуацій та виявленні їх результуючих впливів на систему.

Методи логічного аналізу базуються на поняттях булевої алгебри (алгебри логіки). Ці методи застосовують для аналізу ризику різних класів ХНО (періодичних і неперервних хімічних виробництв, технологічного обладнання з небезпечними хімічними речовинами). Логічні моделі являють собою формалізований опис всіх одночасних, послідовних і одночасно-послідовних аварійних подій, що відбуваються в хіміко-технологічній системі в результаті виникнення і розвитку аварійної ситуації. При розробці логічних моделей аналізу ризику проводиться встановлення причинно-наслідкових взаємозв'язків різних сценаріїв розвитку аварійних ситуацій з виникаючими від них видами ризиків.

Метод аналіз виду, наслідків та критичності відмови. У цьому методі кожен вид відмови ранжирується з урахуванням двох складових критичності – ймовірності (або частоти) і тяжкості наслідку відмови. Поняття критичності близько до поняття ризику і може бути використане при більш детальному кількісному аналізі ризику аварії. Визначення параметрів критичності необхідно для вироблення пріоритетних заходів забезпечення безпеки. Результати аналізу представляються у вигляді таблиць з переліком обладнання, видом і причин можливих відмов, частотою, наслідками, критичністю, засобами виявлення несправності та рекомендаціями щодо зменшення небезпеки.

У результаті використання методу рекомендуються показники (індекси) рівня і критерії критичності по ймовірності та тяжкості наслідку відмови (події). При аналізі виділяють чотири групи, яким може бути завдано шкоди від аварії: персонал, населення, навколишнє середовище, матеріальні об'єкти.

Метод АВНКВ є доволі спрощеним. Згідно нього критичність відмови визначається як добуток трьох складових, виражених в шкалах від 1 до 10 і які характеризують ймовірність виникнення аварійної ситуації, тяжкість її наслідків та ймовірність усунення причини аварійної ситуації. Недоліком методу є відсутність поняття «ваги оцінки» в результаті чого відмови із малими ймовірностями виникнення і важкими наслідками і відмови з високими ймовірностями виникнення і незначними наслідками мають однакову оцінку критичності, тобто загальна оцінка критичності відмови не дає реальної картини того, що відбувається.

Методи АВВН (FMEA) і АВНКВ (FMESA) можуть використовуватися не тільки для технічних систем, а й для оцінки людських помилок. Вони можуть використовуватися як для ідентифікації небезпеки, так і для оцінки ймовірності (при обмеженому рівні надмірності в системі). Більш докладно методи FMEA і FMESA представлені в МЕК 60812: 1985 Техніка аналізу надійності систем. Метод аналізу виду і наслідків відмов (FMEA).

До ймовірнісних кількісних методів аналізу ризику відносяться дерева відмов і подій, мінімальних шляхів, дерева рішень.

Логіко-графічні методи аналізу "дерев відмов і подій" призначені для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між комбінацією випадкових локальних подій, що виникають з різною частотою на різних стадіях аварії (відмови устаткування, людські помилки, зовнішні впливи, руйнування, викид, пролив речовини, розсіювання речовин, займання, вибух, інтоксикація і т.д.).

При *аналізі дерев відмов* (FTA) виявляються комбінації відмов (несправностей) устаткування, помилок персоналу та зовнішніх (техногенних, природних) впливів, що призводять до основної події (аварійної ситуації). Метод використовується для аналізу

можливих причин виникнення аварійної ситуації та розрахунку її частоти (на основі знання частот вихідних подій). Аналіз „дерева відмов” дозволяє виділити гілки проходження сигналу до головного і використовується головним чином для виявлення „слабких” місць і визначення найбільш ефективних заходів попередження аварії.

Головна перевага методу дерева відмов полягає в тому, що аналіз обмежується виявленням тільки тих елементів системи та подій, які призводять до даної конкретної відмови системи або аварії.

Більш докладно метод викладений у МЕК 61025: 1990 Аналіз діагностичного дерева відмов (FTA).

Аналіз дерев подій (ETA) – алгоритм побудови послідовності подій, що виходять з основної події (аварійної ситуації). Метод використовується для аналізу розвитку аварійної ситуації. Частота кожного сценарію розвитку аварійної ситуації розраховується шляхом множення частоти основної події на умовну ймовірність кінцевої події (наприклад, аварії з розгерметизацією, із займанням). Результатом оцінки ризику є перелік результатів для кожного розглянутого випадку; при цьому розраховуються частота і наслідки; тобто величини очікуваних наслідків.

Методи дерев відмов і подій є трудомісткими і застосовуються, як правило, для аналізу проектів або модернізації складних технічних систем і виробництв.

Методи мінімальних шляхів від ініціюючих до основної події (Short Cut Risk Assessment) (SCRA) розглянуті в зарубіжній і вітчизняній літературі. Дані методи визначають мінімальні аварійні поєднання і мінімальну траєкторію для побудови дерева. Первинні та неподільні події з'єднуються з подіями першого рівня маршрутами (гілками). Складне дерево має різні набори вихідних подій, при яких досягається подія у вершині, вони називаються аварійними поєднаннями (перетинами) або сукупностями подій, що перериваються. Мінімальним аварійним поєднанням (МАП) називають найменший набір вихідних подій, при яких може виникнути аварія. Мінімальна траєкторія – найменша група подій, при появі яких відбувається аварія.

Дерево рішень представляє собою різновид дерева подій. У дереві рішень всі можливі стани системи необхідно виразити через стани елементів. Таким чином, всі стани системи взаємно ув'язані, і їх ймовірність в сумі повинна дорівнювати одиниці. Древа рішень можуть використовуватися, якщо відмови всіх елементів незалежні або є елементи з кількома можливими станами.

Метод аналізу небезпеки і працездатності (АНП) (Hazard and Operability Study – HAZOP) досліджує впливи відхилень технологічних параметрів (температури, тиску тощо) від регламентних режимів з точки зору виникнення небезпеки, і відноситься до якісних методів, які оперують нечіткими поняттями. АНП за складністю та якістю результатів відповідає рівню методів АВВН, АВНКВ. У ряді робіт даний метод може мати назви «Метод вивчення небезпеки і функціонування», «Метод послідовної експертизи», «Метод ключових слів».

У процесі аналізу для кожної виробничої лінії і блоку визначаються можливі відхилення, причини та рекомендації щодо їх недопущення. При характеристиці відхилення використовуються ключові слова «ні», «більше», «менше», «так само як», «інший», «інакше ніж», «зворотний» і т.п. Конкретне поєднання цих слів з технологічними параметрами визначається специфікою виробництва. Застосування методу дозволяє виявити всі можливі відхилення.

Результати аналізу представляються на спеціальних технологічних листах (таблицях). Ступінь небезпеки відхилень може бути визначена кількісно шляхом оцінки ймовірності та тяжкості наслідків ситуації, що розглядається, за критеріями критичності аналогічно методу АВНКВ. Метод АНП, також як і АВНКВ, крім ідентифікації небезпек та їх ранжирування дозволяє виявити неясності і неточності в інструкціях з безпеки і сприяє їх подальшому вдосконаленню. Недоліки методів пов'язані з ускладненням їх застосування для аналізу комбінацій подій, що призводять до аварії.

До комбінованих якісних методів аналізу ризику віднесені логіко-графічні моделі аналізу ризику різних класів ПНО. Всі можливі комбінації (поєднання) виникнення і розвитку аварійних ситуацій запропоновано представляти у вигляді узагальнених логіко-графічних моделей, які дозволяють встановити причинно-наслідкові взаємозв'язки між вихідними ініціюючими подіями виникнення аварійних ситуацій та їх розвитком, що призводить до різних видів ризиків. Дані моделі віднесені до комбінованих, оскільки характер невизначеності може бути пов'язаний як з ймовірностями виникнення подій, так і з незнанням деяких причин, неточністю інформації, що описується математичним апаратом нечіткої логіки [1-6].

Аналіз ризиків може слугувати різним задачам, наприклад, допомогти:

- визначити проблеми навколишнього середовища і здоров'я, які пов'язані з різними активностями та речовинами (наприклад, розташування небезпечних відходів та використання різних агентів ризику);
- порівняти нові технології чи ефективність різних методів управління, наприклад різні шляхи зменшення викидів для зниження ризиків;
- вибрати місце розташування ПНО.

Висновки

В основі сучасного підходу забезпечення екологічної безпеки лежить принцип кількісної оцінки небезпеки впливу факторів техногенного чи природного походження. Для вирішення цієї задачі в світовій практиці використовується методологія аналізу та управління ризиками для навколишнього середовища та здоров'я населення. Такий підхід дозволяє відповідним органам приймати більш обґрунтовані рішення щодо управління станом екологічної безпеки навколишнього середовища.

В роботі виконано аналіз та порівняння сучасних вітчизняних та закордонних методів аналізу ризиків для навколишнього середовища та здоров'я людей спричинених дією антропогенних чи природних факторів.

1. Алымов В.Т. Техногенный риск: Анализ и оценка : [учебное пособие для вузов] // В.Т. Алымов, Н.П. Тарасова. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
2. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения / А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 256 с.
3. Качинський А.Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А.Б. Качинський. – К.: Поліграфконсалтинг, 2004. – 472 с.
4. Лисиченко Г.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев. – О. : Астропринт, 2011. – 368 с.
5. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К. : Наук. думка, 2008. – 542 с.
6. Хміль Г.А. Концептуально-методичний апарат аналізу й оцінки техногенного та природного ризиків / Г.А. Хміль // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – Вип. 5. – С. 47-55.

В.Е. Ковач, В.А. Артемчук, В.А. Куценко

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РИСКОВ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В статье рассматриваются отечественные и зарубежные методы анализа рисков для окружающей среды и здоровья населения от природных и антропогенных факторов. Выполнена классификация. Определены их основные достоинства и недостатки.

V.O. Kovach, V.O. Artemchuk, V.O. Kutsenko

MODERN METHODS OF RISKS ANALYSIS IN THE PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SECURITY CONTROL ON TECHNOGENIC CONTAMINATED TERRITORIES

This paper reviews the domestic and foreign risk analysis methods for the environment and public health from natural and anthropogenic factors. Done classification. Defined their main advantages and disadvantages.