

# Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 614.8

М.І. Адаменко<sup>1</sup>, Ю.В. Квітковський<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківська державна академія фізичної культури, Харків

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків

## ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ПРИ ТЕХНОГЕННІЙ НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РОЗТАШУВАННЯ ДЖЕРЕЛ ВИКИДУ

У статті наводиться загальні передумови щодо створення, у першому наближенні, математичної моделі для визначення параметрів за якими будуть обиратися критерії щодо розташування захисних споруд для забезпечення безпеки населення у разі виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру. Постає проблема технічного забезпечення захисту населення у випадку можливого викиду отруйної речовини, з якої витікає наукова задача по розробці алгоритму оптимального використання наявних технічних засобів при евакуації населення під час хімічної аварії, під час яких спостерігатиметься витік отруйної речовини з більше ніж одного джерела (комплексна аварія).

**Ключові слова:** захист, сховище, небезпечні фактори, комплексна надзвичайна ситуація, оцінка, евакуація.

### Вступ

Постановка проблеми. Промисловість – найважливіший сектор господарського комплексу України. В ній використовується третина основних фондів та працює більше третини населення, зайнятого в народному господарстві. До найважливіших і, водночас, потенційно небезпечних, галузей промисловості відноситься, зокрема, хімічний комплекс. У 2010 році в промисловому комплексі України функціонувало близько 1,2 тис. об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше 358 тис. тонн небезпечних хімічних речовин, у тому числі: більше 5 тис. тонн хлору, 213 тис. тонн аміаку та близько 139 тис. тонн інших небезпечних хімічних речовин [1]. Аналіз загроз хімічної небезпеки дозволяє зробити висновок, що найбільшу небезпеку для населення створюють хімічні виробництва, аміакопроводи, відстійники, сховища небезпечних речовин тощо.

Найбільшу кількість хімічно небезпечних об'єктів зосереджено у східних областях України, а саме у:

- Донецькій області – 174;
- Дніпропетровській області – 115;

- Луганській області – 93;
- Харківській області – 101.

Абсолютна більшість підприємств усіх галузей промисловості, зокрема хімічних, працює на морально застарілому обладнанні, що тільки збільшує ймовірність виникнення надзвичайної ситуації. Виробництво на цих підприємствах супроводжується утворенням великої кількості відходів та побічних продуктів, які не утилізуються, а складаються у відвалах та захороненнях [1, 2].

Стосовно Харківської області можна навести наступні дані, що наочно ілюструють рівень хімічної небезпеки (табл. 1) [1].

В той же час слід зазначити, що й до сих пір інфраструктура сховищ цивільної оборони, що існувала за часів Радянського Союзу, не відновлена і не пристосована для укриття людей, що проживають у населених пунктах.

Переважна частина сховищ, що знаходяться на території м. Харкова та Харківської області взагалі непридатні до укриття людей. Загалом по Харківській області з числа наявних споруд цивільної оборони готовими визнано 9%, обмежено готовими – 24%, неготовими – 67%.

Таблиця 1

Дані щодо рівня хімічної небезпеки у Харківській області

Кількість хімічно небезпечних об'єктів, одиниць					Кількість НХР, (тис. тонн)				Кількість населення у зонах можливого хімічного зараження	
Всього	у тому числі за ступенем хімічної небезпеки:				Всього	у тому числі:			тис. осіб	%
	I	II	III	IV		хлор	аміак	інші		
101	2	1	24	74	21,26	1,463	17,022	2,771	676,70	86,2

До того ж всі готові споруди знаходяться виключно на територіях підприємств та установ і від початку призначалися тільки для укриття робітників та персоналу, ніяк не населення навколишніх житлових масивів. Крім того, деякі з цих споруд свого часу були приватизовані, тобто увійшли до складу статутного фонду підприємств, на території яких вони знаходилися. Аналогічна ситуація склалася і в інших регіонах України.

Відтак постає проблема технічного забезпечення захисту населення у випадку можливого викиду отруйної речовини, з якої витікає наукова задача по розробці алгоритму оптимального використання наявних технічних засобів при евакуації населення під час хімічної аварії, під час яких спостерігатиметься витік отруйної речовини з більше ніж одного джерела (комплексна аварія). В даному випадку під терміном «евакуація» розуміється безпечний рух людини від місця її проживання до захисної споруди.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз існуючих робіт показує, що в основному дослідження з моделювання руху людини проводяться з використанням наступних двох підходів: безперервного (наприклад [3]) і дискретного (наприклад, [4 – 6]). Математичному моделюванню у геометричному проектуванні була присвячена низка видань, наприклад [7]. Останнім часом було видано доволі багато публікацій, присвячених математичному моделюванню об'єктів та процесів, наприклад [8 – 13]. Зокрема, питанню щодо моделювання розташування захисних споруд цивільної оборони на території міської забудови була присвячена стаття [14], в якій задача визначення раціональної кількості сховищ була сформульована у вигляді задачі раціонального розбиття точкової множини на підмножини.

**Постановка завдання та його розв'язання.** Загалом рішення задачі по визначенню алгоритму дій по забезпеченню евакуації людей під час виникнення надзвичайної ситуації пропонується в якості

вирішення ймовірнісної задачі з недостатньою кількістю даних [15, 16]. На сьогодні даний підхід є досить розповсюдженим у світі. Зокрема він використовується японськими вченими для визначення алгоритму дій при евакуації населення під час землетрусів [17, 18], а також у США для визначення алгоритму дій при евакуації людей під час лісових пожеж [19-22].

Однак даний метод, хоча й має назву «з недостатньою кількістю даних», окрім серйозного статистичного аналізу, ймовірнісних математичних розрахунків та використання теорії математичного управління [23], потребує повних та точних початкових масивів даних, які сконцентровані в установах різного структурного підпорядкування і часто не можуть бути у відкритому користуванні.

Тому пропонується початкове використання іншого методу – методу первинного оцінювання. Сутність цього методу можна проілюструвати на прикладі м. Харків.

На території м. Харкова загалом розташовано 69 об'єктів потенційної хімічної небезпеки. У таблиці 2 наводяться дані щодо розташування цих об'єктів по адміністративних районах міста, а також відомості по кількості населення у районах і співвідношення кількості об'єктів потенційної хімічної небезпеки з кількістю населення.

З наведених у таблиці 2 даних можна зробити висновок, що найбільша потенційна хімічна небезпека має місце у Жовтневому, Орджонікідзевському, Фрунзенському та Червонозаводському районах м. Харків. До того ж слід додати, що Орджонікідзевський та Фрунзенський райони межують між собою; довжина адміністративної межі між районами становить близько 8,7 км. Отже, існує ймовірність того, що небезпечні фактори, що можуть утворитися при виникненні техногенної надзвичайної ситуації, можуть розповсюдитися у межах суміжного району.

Таблиця 2

Дані щодо розташування об'єктів потенційної хімічної небезпеки по адміністративних районах м. Харкова

Назва району	Площа, км <sup>2</sup>	Кількість об'єктів потенційної хімічної небезпеки, об'єктів .	Кількість населення, осіб	Співвідношення кількості об'єктів потенційної хімічної небезпеки з кількістю населення, об'єкт / тис. осіб	Найбільша проектна кількість отруйних речовин на одному об'єкті, т. (речовина)
Держинський	62,0	8	220580	1/27,5	2 (аміак)
Київський	45,7	7	188706	1/26,9	0,8 (хлор)
Комінтернівський	24,3	6	149798	1/24,9	1 (аміак)
Ленінський	30,4	6	93844	1/15,6	2,4 (аміак)
Московський	22,7	5	310278	1/62,1	24 (сірчана кислота)
Жовтневий	34,7	13	111173	1/8,6	50 (бензол)
Орджонікідзевський	33,4	4	155843	1/38,9	40 (аміак)
Фрунзенський	22,3	9	144151	1/16	37 (аміак)
Червонозаводський	45,54	11	96529	1/8,8	40 (аміак)

Крім того, результати аналізу розташування об'єктів потенційної хімічної небезпеки по території м. Харків свідчать, що середня відстань від об'єкту потенційної хімічної небезпеки до межі житлової забудови становить 0,3 км, тоді як величина середнього радіусу можливої зони ураження – 6,5 км. З цього випливає, що навіть у межах одного адміністративного району техногенна надзвичайна ситуація може набути комплексного характеру, оскільки від-

стань між суміжними об'єктами потенційної хімічної небезпеки може виявитися меншою, ніж радіус можливої зони ураження. Це можна проілюструвати за допомогою фрагменту карти-схеми міста, показаного на рис. 1.

Необхідно визначити, скільки людей у суміжних районах міста може опинитися у зоні впливу небезпечного фактору надзвичайної ситуації у випадку витікання отруйної речовини за деякий період часу.

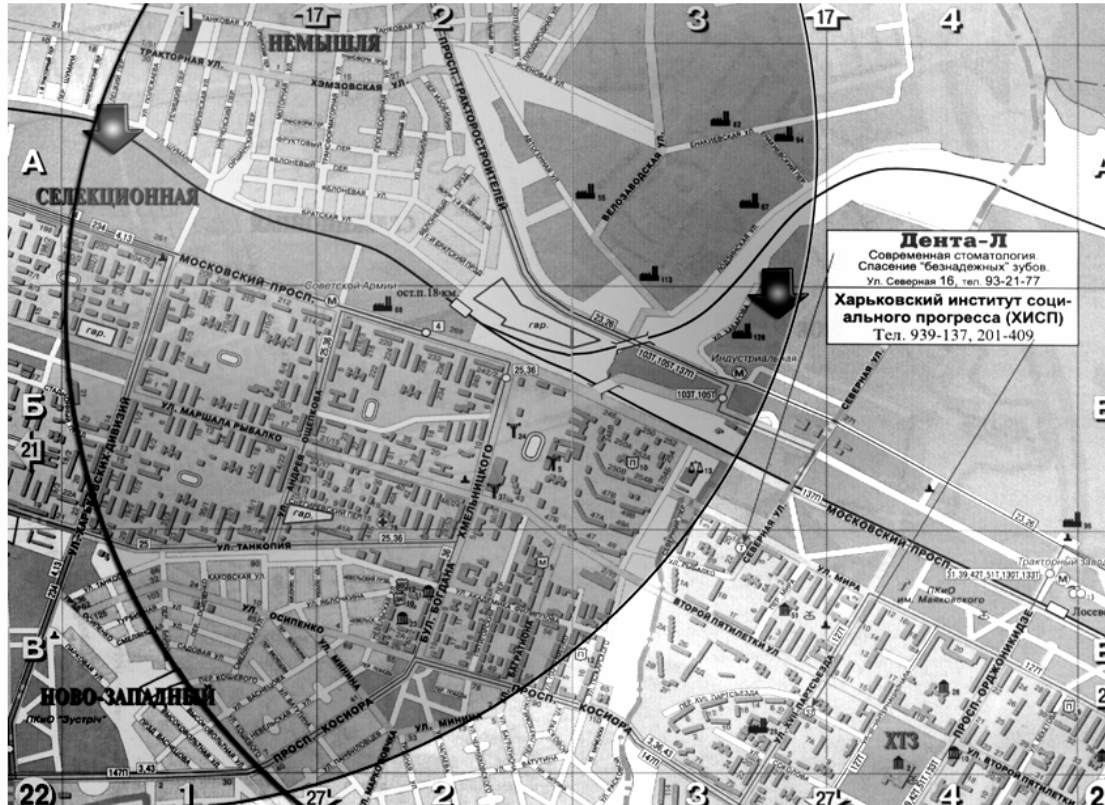


Рис. 1. Фрагмент карти-схеми м. Харкова зі вказаними суміжними об'єктами потенційної хімічної небезпеки та можливими радіусами зони хімічного зараження

Математичну основу цього методу можна висловити наступним чином: кількість людей, які проживають в одному з суміжних районів міста позначимо як  $x$ , а кількість людей з того ж району, які можуть підпасти під вплив небезпечного фактору надзвичайної ситуації за деякий час  $t_1$  позначимо як  $x_1$ . Відповідно для другого суміжного району –  $y$  та  $y_1$ . Таким чином, сумарна кількість людей в обох районах

$$Q = x_1 + y_1, \quad (1)$$

які знаходяться у час  $t_1$  на початковій території розвитку небезпеки, дасть нам первинне поняття про кількість людей, яких треба евакуювати з території  $S$ , у межах якої знаходиться кількість людей  $Q$ . Надалі необхідно враховувати, що під час збільшення або зменшення дії уражаючого фактору за час його дії  $t_{дії}$  кількість людей  $Q$  буде змінюватися як функція від часу та від зміни кількості людей  $\Delta x$  та  $\Delta y$  у суміжних районах міста.

## Висновок

Використання даного методу, хоча й досить наближено, надасть можливість оцінити необхідність у додаткових діях по збільшенню кількості захисних споруд цивільного захисту, оптимізації управління транспортом для здійснення евакуації населення та збільшення ефективності у прийнятті управлінських рішень, що у першому наближенні зможе вирішити поставлену задачу.

## Список літератури

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки України у 2010 р. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до журн.: <http://www.mns.gov.ua/content/nasodopov2010.html>.
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий / [ред. В.А. Котляревский, М.М. Забегав]. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 375 с.
3. D.Helbing, I.Farkas, T.Vicsek, Simulating dynamical features of escape panic, Nature, 407(2000), 487-490.

4. Степанцов М.Е. Математическая модель направленного движения группы людей / М.Е. Степанцов Математическое моделирование, в. 16(2004), № 3. – С. 43-49.
5. A.Kirchner, A.Schadschneider, Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics, *Physica*, 312(2002), 260-276.
6. K.Nishinari, A.Kirchner, A.Namazi, A.Schadschneider, Extended floor field CA model for evacuation dynamics, *IEICE Trans.Inf., & Syst.* E87-D., 2004. – 726 p.
7. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наукова думка, 1986. – 268 с.
8. Садковий В.П. Раціональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: моногр. / В.П. Садковий, В.М. Комяк, О.М.Соболь: Ун-т цивільного захисту України. – Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2008. – 174 с.
9. Комяк В.М. Математична модель задачі розбивання множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей / В.М. Комяк, О.М. Соболь // *Вестник Херсонського національного технічного університету*. – Херсон, 2005. – Вып. 2(22). – С. 152-156.
10. Комяк В.М. Аналітичне розв'язання задачі розбивання множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей / В.М. Комяк, О.М. Соболь // *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. – Х., 2005. – Вып. 9. – С. 103-108.
11. Соболь О.М. Математична модель та метод розв'язання задач розбивання, характерних для проектування територіально розподілених елементів системи цивільного захисту населення і територій / О.М. Соболь // *Проблеми надзвичайних ситуацій*. – Х., 2006. – Вып. 3. – С. 120-127.
12. Соболь О.М. Моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів / О.М. Соболь // *Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. пр. УЦЗ України*. – Х., 2006. – Вып. 4. – С. 213-218.
13. Соболь О.М. Раціональне розбиття міста на райони ефективного функціонування станцій швидкої допомоги / О.М. Соболь // *Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. пр. УЦЗ України*. – Х., 2007. – Вып. 5. – С. 194-199.
14. Комяк В.М. Раціональне розбиття міста на райони функціонування захисних споруд / В.М. Комяк, О.М. Соболь, А.Г. Коссе // *Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. пр. УЦЗ України*. – Х., 2007. – Вып. 6. – С. 74-79.
15. Гмурман Е.В. Курс теории вероятностей и математической статистики / Е.В. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2000. – 479 с.
16. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Колемаев, О.В. Староверов, В.Б. Турундаевский. – М.: Высшая школа, 1990 – 461 с.
17. Kagaya, S. and Shinada, C. (2002) An Use of Conjoint Analysis with Fuzzy Regression for Evaluation of Alternatives of Urban Transportation Schemes, *The 13th Mini-Euro Conference, Handling Uncertainty in the Analysis of Traffic and Transportation Systems*. – Pp.117-125.
18. Kouichi T, Fusanori M. Development of evacuation simulation software after an earthquake for earthquake preparedness education, *13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper No. 651*.
19. Andrews, P.L. *BehavePlus Modeling System: Past, Present and Future*. / P.L. Andrews. US Forest Service, Rocky Montana Research Station, Missoula, Montana, 2005. – 13 p.
20. Balay, S. *Efficient Management of Parallelism in Object-Oriented Numerical Software Libraries, Modern Software Tools in Scientific Computing*. / S. Balay, W. D. Gropp, L. C. McInnes and others. Birkhauser Press, 1997. – Pp. 163-202.
21. Byram G.M., Martin R.E. The modeling of fire whirlwinds. / G.M. Byram, R.E. Martin // *Forest Science*. – 1970. – Vol. 16, № 4. – Pp. 386-398.
22. Clark T.L. Description of coupled atmosphere-fire model. / T.L. Clark, J. Coen, D. Latham // *Int. J. Wildland Fire*, 2004. – № 13. – Pp. 49-63.
23. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою / М.М. Биченок. – К.: РНБО, Інститут проблем національної безпеки, 2005. – 194 с.

Надійшла до редколегії 14.08.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.О. Кириченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

#### ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ТЕХНОГЕННОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ

Н.И. Адаменко, Ю.В. Квитковский

В статье приводятся общие предпосылки относительно создания, в первом приближении, математической модели для определения параметров, по которым будут выбираться критерии расположения защитных сооружений для обеспечения безопасности населения в случае возникновения чрезвычайной ситуации техногенного характера. Возникает проблема технического обеспечения защиты населения в случае возможных выбросов ядовитого вещества, откуда вытекает научная задача по разработке алгоритма оптимального использования имеющихся технических средств при эвакуации населения во время химической аварии, во время которых будет наблюдаться утечка ядовитого вещества из более чем одного источника (комплексная авария).

**Ключевые слова:** защита, хранилище, опасные факторы, комплексная чрезвычайная ситуация, оценка, эвакуация.

#### BASIC APPROACHES TO PROVIDING OF POPULATION DEFENCE IN TECHNICAL EXTRAORDINARY SITUATION DEPENDING ON THE LOCATION OF SOURCES OF THE TROOP LANDINGS

N.I. Adamenko, Y.V. Kwitkowski

In the article general pre-conditions are presented in relation to creation, in the first approaching, mathematical model for determination of parameters on which the criteria of location of protective buildings will get out for providing of safety of population in the case of origin of extraordinary situation of technical character. There is the problem of the technical providing of defense of population in the case of the possible troop landings of poisonous matter, from where a scientific task flows out on development of algorithm of the optimum use of present hardware's during evacuation of population during a chemical failure, during which the loss of poisonous matter will be from more than one source (complex failure).

**Keywords:** defense, depository, dangerous factors, complex extraordinary situation, evacuation.