

УДК.614.8

*Квітковський Ю.В., викл., НУЦЗУ,
Стельмах О.А., заст. нач., НМЦ НЗ МНС України*

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

(представлено д-ром техн. наук Куценком Л.М.)

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

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

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 безпеки 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].

Найбільш прийнятним критерієм оцінки ступеня ризику ураження людей є вірогідність ураження в заданій точці міста, визначувана з урахуванням мінливості параметрів приземного шару повітря і кількості викинутої сильнодіючої отруйної речовини (СДОР) в процесі аварії.

Прогноз небезпеки поразки людей ділять на оперативний і довготривалий. Довготривалий прогноз застосовують у разі, коли відомо, на якому об'єкті відбудеться аварія, скільки вилетиться СДОР, і які будуть параметри повітряного середовища під час аварії. Результатом такого прогнозу є карта або план із зображенням зон хімічної небезпеки.

При прогнозуванні надзвичайних ситуацій найчастіше доводиться стикатися з декількома джерелами небезпеки. Використовувані у виробництві СДОР можуть бути сусідами з пожежо- і вибухонебезпечними об'єктами. Вірогідність вибуху в населеному пункті може істотно посилити ситуацію. Площі зони зараження є похідною величиною від глибини зони зараження, а конфігурація – від сили і напрямку вітру.

Для оцінки можливих втрат від НС по карті можна визначити площу житлових масивів, що потрапляють в область прояву тих або інших небезпечних чинників. Знаючи щільність населення, можна розрахувати кількість потерпілих і визначити ступінь ураження людей.

Укриття населення в захисних спорудах при виникненні надзвичайних ситуацій мирного часу має важливе значення, особливо при виникненні труднощів і неможливості повної евакуації населення з великих міст, а в поєднанні з іншими способами захисту забезпечує зниження ступеня його ураження від всіх можливих вражаючих дій надзвичайних ситуацій різного характеру.

Для захисту населення від надзвичайних ситуацій можуть використовуватися як захисні споруди цивільної оборони, які створюють необхідні умови для збереження життя і здоров'я людей, так і інші пристосовані для цих цілей будівлі і споруди, які можуть по своїх конструктивних характеристиках забезпечити за-

хист при радіаційних і хімічних аваріях, задимленнях, катастрофічних затопленнях, смерчах, ураганах тощо.

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. Крім того, питанням щодо раціонального розташування (розподілу) об'єктів з урахуванням визначених чинників було присвячено декілька дисертаційних досліджень, зокрема [15-18].

Постановка завдання та його вирішення. 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 [19, 20]. На сьогодні даний підхід є досить розповсюдженим у світі. Зокрема він використовується японськими вченими для визначення алгоритму дій при евакуації населення під час землетрусів [21, 22], а також у США для визначення алгоритму дій при евакуації людей під час лісових пожеж [23-26].

Однак даний метод, хоча й має назву «з недостатньою кількістю даних», окрім серйозного статистичного аналізу, ймовірнісних математичних розрахунків та використання теорії математичного управління [27], потребує повних та точних початкових масивів

даних, які сконцентровані в установах різного структурного підпорядкування і часто не можуть бути у відкритому користуванні.

В роботі [14] розглядається постановка задачі раціонального територіального розподілу захисних споруд.

Математична модель задачі має наступний вигляд

$$N(c_1, c_2) \rightarrow \min_w \quad (1)$$

де W

$$\left(\bigcup_{k=1}^N S_k \right) \cap cS_0 = \emptyset; \quad (2)$$

$$\left(\bigcup_{k=1}^N S_k \right) \cap S_0 = S_0; \quad (3)$$

$$S_k \cap S_i = \emptyset; \quad (4)$$

$$T_{\max}(S_k) \leq T; \quad (5)$$

$$kl = 1, \dots, N; k \neq l. \quad (6)$$

В даному випадку проводиться моделювання раціонального розбиття територій на райони функціонування захисних споруд. Розв'язання даної задачі дозволяє врахувати такі параметри, що впливають на раціональну кількість районів захисту, як щільність населення і рельєф місцевості, та отримати границі районів захисту, однак у даній моделі не враховується можлива зона зараження, інтенсивність впливу небезпечних чинників на людей, розміщення потенційно небезпечних об'єктів (об'єктів потенційної небезпеки), швидкість пересування людей, завантаженість шляхів тощо.

В роботі [18] на підставі рівнянь турбулентної дифузії розроблена аналітична модель для опису просторового розподілу концентрації небезпечних хімічних речовин як у стаціонарному, так й у нестаціонарному випадках розвитку аварій, що пов'язані з викидом (виливом) небезпечних хімічних речовин. Вихідне напівем-

піричне рівняння турбулентної дифузії хімічних речовин в атмосфері за певних умов подається у вигляді

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \sigma \phi + \vec{V} \vec{V} \phi - \nu \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = F(\vec{r}, t), \quad (7)$$

де $\phi = \phi(\vec{r}, t)$ - концентрація хімічних речовин (кг/м³), \vec{V} - швидкість повітря (м/с), функція $F(\vec{r}, t)$ описує джерела викиду речовини, а коефіцієнт σ уведено для врахування можливостей розпаду або реакції розглядуваної речовини з компонентами зовнішнього середовища, $\vec{r} = (x, y, z)$ - поточні координати, t - час.

Дана модель може бути використана при розгляді можливих зон ураження в залежності від розміщення потенційно небезпечних об'єктів відносно районів житлової забудови та наявності на їх території небезпечних хімічних речовин.

Також при оцінці небезпечного впливу ймовірних чинників на навколишнє середовище та людину необхідно враховувати територіальне розміщення об'єктів відносно населених зон, щільність населення, наявність об'єктів з масовим перебуванням людей, розрахункові параметри часу дії вражаючих факторів та їх знешкодження тощо.

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 безпеки. Співвідношення кількості об'єктів потенційної хімічної безпеки з кількістю населення корегується від 1/8,6 до 1/62,1 (об'єкт/тис. осіб), що вносить значні корективи в розрахунок кількості населення, яке підлягає укриттю в захисних спорудах. Також існує ймовірність того, що небезпечні фактори, які можуть утворитися при виникненні надзвичайної ситуації техногенного характеру, можуть розповсюдитися у межах суміжного району.

Крім того, результати аналізу розташування об'єктів потенційної хімічної безпеки по території м. Харків свідчать, що середня відстань від об'єкту потенційної хімічної безпеки 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 відстань між суміжними об'єктами потенційної хімічної небезпеки може виявитися меншою, ніж радіус можливої зони ураження (рис.1).

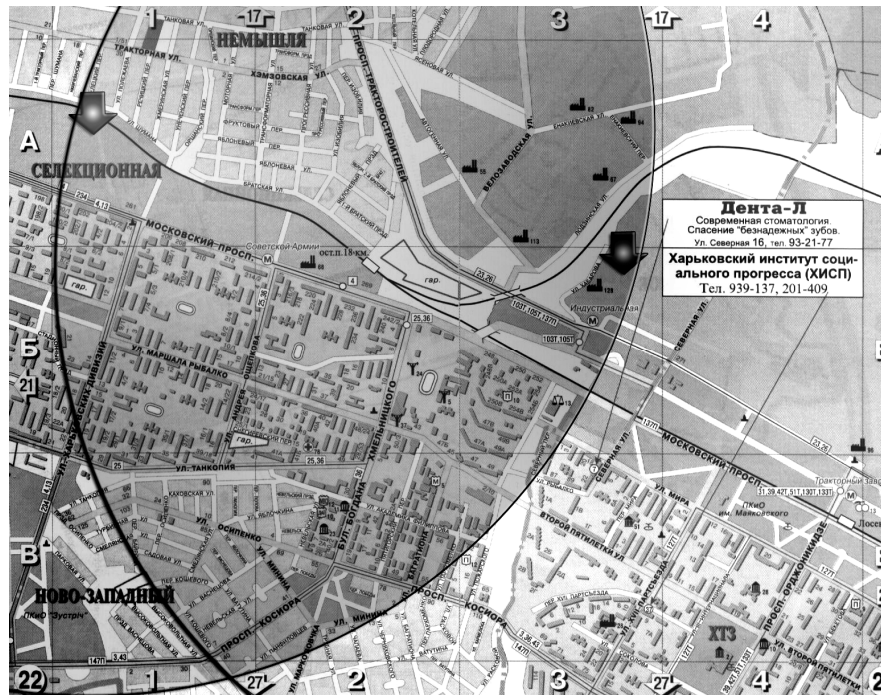


Рис. 1 – Фрагмент карти-схеми м. Харкова зі вказаними суміжними об'єктами потенційної хімічної небезпеки та можливими радіусами зони хімічного зараження

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.

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

$$Q = x_1 + y_1, \quad (8)$$

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 вражаючого фактору за час його дії t_{dii} кількість людей Q буде змінюватися як функція від часу та від зміни кількості людей Δx та Δy 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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки України у 2010 р. [Електронний ресурс]. - Режим доступу до журн.: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopov2010.html>
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий / [ред. Котляревский В.А., Забегаев М.М.]. - М.: Издательство АСВ, 2005. – 375 с.
3. D.Helbing Simulating dynamical features of escape panic / D.Helbing, I.Farkas, T.Vicsek, Nature, 407(2000), Pp.487-490.
4. М.Е.Степанцов Математическая модель направленного движения группы людей / М.Е.Степанцов Математическое моделирование, в. 16(2004), № 3, с. 43-49.
5. A.Kirchner, Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics / A.Kirchner, A.Schadschneider, Physica, 312(2002), Pp.260-276.
6. K.Nishinari, Extended floor field CA model for evacuation dynamics, / K.Nishinari, A.Kirchner, A.Namazi, A.Schadschneider, IEICE Trans.Inf., & Syst. E87-D., 2004, 726.
7. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Стоян Ю.Г., Яковлев С.В.: - Київ: Наукова думка, 1986. – 268 с.
8. Садковий В.П. Раціональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: Монографія / Садковий В.П., Комяк В.М., Соболев О.М.: Ун-т цивільного за-

- хисту 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. Соболю // 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. Соболю // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків, 2005. - Вип. 9.– С. 103-108.
 11. Соболю О.М. Математична модель та метод розв'язання задач розбивання, характерних для проектування територіально розподілених елементів системи цивільного захисту населення і територій / О.М. Соболю // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків, 2006. – Вип. 3. – С. 120-127.
 12. Соболю О.М. Моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів / О.М. Соболю // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. – Харків, 2006. – Вип.4. – С. 213-218.
 13. Соболю О.М. Раціональне розбиття міста на райони ефективного функціонування станцій швидкої допомоги / О.М. Соболю // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. – Харків, 2007. – Вип.5. – С. 194-199.
 14. Комяк В.М. Раціональне розбиття міста на райони функціонування захисних споруд / В.М. Комяк, О.М. Соболю, А.Г. Коссе // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. – Харків, 2007. – Вип.6. – С. 74-79.
 15. Розробка методів обґрунтування штатної чисельності бойових розрахунків пожежних автомобілів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.26.03 [Електронний ресурс] / В.М. Чучковський; Харк. ін-т пожеж. безпеки. — Х., 1998. — 16 с. — укр.
 16. Розміщення пожежонебезпечних об'єктів з урахуванням впливу небезпечних чинників пожежі на навколишнє середовище: Автореф. дис... канд. техн. наук: 21.06.02 [Електронний ресурс] / Є.В. Морщ; Акад. цив. захисту України. — Х., 2005. — 19 с. — укр.
 17. Оптимізація розміщення сил і засобів при локалізації ландшафтної пожежі: автореф. дис... канд. техн. наук: 21.06.02

- [Електронний ресурс] / С.Ф. Кривошликов; Ун-т цивіл. захисту України. — Х., 2009. — 20 с. — укр.
18. Визначення зон безпечного розташування пожежно-рятувальних сил при ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості: автореф. дис... канд. техн. наук: 21.02.03 [Електронний ресурс] / О.В. Захаренко; Ун-т цив. захисту України. — Х., 2009. — 20 с. — укр.
 19. Гмурман Е.В. Курс теории вероятностей и математической статистики / Гмурман Е.В. — М.: Высшая школа, 2000 — 479 с.
 20. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. — М.: Высшая школа, 1990 — 461 с..
 21. Kagaya S. (2002) An Use of Conjoint Analysis with Fuzzy Regression for Evaluation of Alternatives of Urban Transportation Schemes / Kagaya, S., Shinada C., The 13th Mini-Euro Conference, Handling Uncertainty in the Analysis of Traffic and Transportation Systems, pp.117-125.
 22. Kouichi T. Development of evacuation simulation software after an earthquake for earthquake preparedness education / Kouichi T, Fusanori M., 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper No. 651
 23. Andrews, P.L. BehavePlus Modeling System: Past, Present and Future. / P.L. Andrews. US Forest Service, Rocky Montana Research Statuon, Missoula, Montana, 2005. - 13 p.
 24. 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.
 25. Byram, G. M., Martin R.E. The modeling of fire whirlwinds. / G. M. Byram, R. E. Martin // Forest Science, 1970, vol. 16, N 4. Pp. 386-398.
 26. 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.
 27. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою /Биченок Микола Миколайович — К.: РНБО, Інститут проблем національної безпеки, 2005. — 194 с.
nuczu.edu.ua

Квитковский Ю.В., Стельмах О.А.

Основные подходы к созданию модели обеспечения защиты населения при техногенной чрезвычайной ситуации в зависимости от расположения источников выбросов

В статье даются общие предпосылки создания, в первом приближении, математической модели определения параметров выбора критериев расположения защитных сооружений для обеспечения безопасности населения в случае возникновения чрезвычайной ситуации техногенного характера

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

Kvitkovskiy Y.V., Stelmakh O.A.

Basic approaches to creation of model of providing of defence of population at a technogenic extraordinary situation depending on the location of sources of extras

In the article is pointed general pre-conditions in relation to creation, in the first approaching, mathematical model for determination of parameters after which criteria will be elected in relation to the location of protective buildings for providing of safety of population in the case of origin of extraordinary situation of technogenic character

Key words: defence, depository, dangerous factors, complex extraordinary situation, estimation, evacuation