

*А.С. Рогозін, к.т.н., доцент, докторант, НУЦЗУ,  
О.М. Соболев, д.т.н, с.н.с., нач. каф., НУЦЗУ,  
Р.Т. Левченко, ад'юнкт, НУЦЗУ*

## ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ СИЛ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПО РЕГІОНАМ УКРАЇНИ

В статті розглянуто питання оптимізації розподілу сил цивільного захисту по регіонах країни на основі врахування стохастичної природи виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій та участі в процесі ліквідації сил цивільного захисту з інших регіонів. Побудовано оптимізаційну модель розподілу сил цивільного захисту на території країни.

**Ключові слова:** модель, оптимізація, сили, цивільний захист, розподіл, регіони.

**Постановка проблеми.** Під час загострення проблем пов'язаних з кризовими процесами в економіці країн, як правило, постає питання оптимізації витрат на виконання основних функцій держави. Однією серед основних функцій держави є забезпечення цивільного захисту населення та територій.

Треба визнати, що за роки існування незалежної України, у сфері забезпечення цивільного захисту населення та територій відбувались перманентні структурні зміни під час яких відбувалось переосмислення та уточнення цілей та завдань в цій сфері. Нарешті, з прийняттям «Кодексу цивільного захисту», сфера забезпечення цивільного захисту отримала належне юридичне забезпечення.

На сучасному етапі під Цивільним захистом розуміється функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період [1], серед основних завдань єдиної державної системи цивільного захисту є: забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації; забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій.

Що в свою чергу, обумовлює залучення до забезпечення цивільного захисту оперативно-рятувальну службу цивільного захисту; аварійно-рятувальні служби; формування цивільного захисту; спеціалізовані служби цивільного захисту; пожежно-рятувальні підрозділи (частини); добровільні формування цивільного захисту.

Практика визначення кількісних параметрів сил цивільного захисту на території регіонів в основному здійснюється згідно визначених норм прив'язаних до кількості населення, яке мешкає на території, кількості населених пунктів, тощо.

В рамках окремих аварійних служб розроблені методики визначення та оптимізації кількісного складу сил [2, 3] на території. Але питанням сумісного виконання завдань службами та підрозділами під час ліквідації надзвичайних ситуацій увага приділялась в основному за напрямком організації взаємодії.

Питання визначення оптимальної кількості сил з врахуванням залучення їх до ліквідації надзвичайних ситуацій не розглядались.

Для визначення оптимальної кількості сил цивільного захисту на території необхідно, по-перше, мати уявлення про інтенсивність реалізації небезпек на території, по-друге, мати знання про розподіл часу ліквідації деструктивних подій, по-третє, мати уявлення про кількість сил та засобів, які залучаються до ліквідації надзвичайних ситуацій.

Всі названі змінні мають стохастичну природу і для визначення параметрів розподілу потребують використовувати статистичні підходи.

Суттєве скорочення виробництва структурні зміни в економіці, інфраструктурі після розпаду СРСР, унеможливили використання ретроспективних даних того часу, для побудови адекватних оптимізаційних моделей розподілу сил цивільного захисту на території регіонів України.

Накопичений, за роки незалежності України, статистичний матеріал, щодо виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій, дає можливість адекватної оцінки параметрів процесів, що відбуваються в сфері забезпечення цивільного захисту, гостра необхідність оптимізації використання ресурсів країни, ставлять на повістку дня вирішення актуальної наукової задачі створення математичних моделей оптимізації розподілу сил цивільного захисту на території України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В [4-6] розглянуті питання використання методів математичного програмування для оптимізації розподілення сил та засобів.

Формалізація процесу реалізації загроз природного та техногенного характеру в регіонах України присвячені роботи [7-9]. Формалізації залучення сил цивільного захисту для ліквідації надзвичайних ситуацій на території України присвячена робота [10]. Питання визначення оптимальної кількості сил цивільного захисту та їх розподіл по регіонах країни, як задача математичного програмування, не розглядалась.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою статті є розробка оптимізаційної моделі розміщення сил цивільного захисту по регіонах.

При розподілі сил цивільного захисту по території країни необхідно врахувати:

- інтенсивність реалізації загроз на території;
- інтенсивність ліквідації наслідків НС;
- очікувану кількість залучених сил до ліквідації наслідків НС;
- можливість залучення до ліквідації наслідків НС з інших регіонів.

Рішення задачі оптимізації розподілення сил та засобів будемо здійснювати у загальному виді, використовуючи методи математичного програмування.

При побудові оптимізаційної моделі на першому етапі необхідно визначитися з завданням та деталізацією моделі, припущеннями та спрощеннями на базі яких буде створена модель об'єкта дослідження. Аналіз питань подібного роду і коректне формулювання математичної моделі є центральною ланкою вирішення завдань оптимізації. В нашому випадку проблемним є визначення кількісних характеристик сил цивільного захисту по регіонах країни. Для побудови оптимізаційної моделі розподілу сил цивільного захисту по регіонам країни зробимо наступні застереження.

Оптимізацію розміщення сил будемо здійснювати виходячи з математичного очікування знаходження сил цивільного захисту регіонів в стані ліквідації НС.

Для спрощення задачі оптимізації розміщення сил на території регіонів, будемо вважати, що сили цивільного захисту розподілені по території регіону рівномірно, час слідування сил цивільного захисту регіону до місця виникнення НС набагато менший ніж час слідування сил з інших регіонів країни, що дає можливість вважати що сили ЦЗ сконцентровані в геометричному центрі регіону.

Врахування часу слідування сил інших регіонів здійснюється шляхом визначення лінійної відстані між центрами регіонів.

Для формалізації розподілу сил по території країни необхідно задатись системою координат.

Для створення оптимізаційної моделі було обрано прямокутну систему координат.

Особливості регіонів за кількістю сил цивільного захисту та математичним очікуванням знаходження сил в стані ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, врахуємо, визначивши їх відносні показники, використовуючи матрицю парних порівнянь наступного виду:

$$\omega = \begin{pmatrix} 1 & \omega_{12} & \omega_{13} & \omega_{14} & \dots & \omega_{1n} \\ \frac{1}{\omega_{12}} & 1 & \omega_{23} & \omega_{24} & \dots & \omega_{2n} \\ \omega_{13} & \omega_{23} & 1 & \omega_{34} & \dots & \omega_{3n} \\ \frac{1}{\omega_{13}} & \frac{1}{\omega_{23}} & \frac{1}{\omega_{34}} & 1 & \dots & \omega_{4n} \\ \omega_{14} & \omega_{24} & \omega_{34} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{\omega_{14}} & \frac{1}{\omega_{24}} & \frac{1}{\omega_{34}} & \frac{1}{\omega_{4n}} & \dots & 1 \\ \omega_{1n} & \omega_{2n} & \omega_{3n} & \omega_{4n} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

де  $\omega_{dk}$  – оцінки порівняння показника  $i$ -го регіону з  $j$ -м.

Та використовуючи наступне співвідношення:

$$W_j = \frac{\sum_{k=1}^n \omega_{jk}}{\sum_{d=1}^n \sum_{k=1}^n \omega_{dk}}. \quad (2)$$

Внесок сил інших регіонів у ліквідацію надзвичайної ситуації оцінимо наступним чином:

$$\mu_j e^{-\mu_j \frac{\sqrt{(x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2}}{kv_{cp}}}, \quad (3)$$

$\mu_j$  – параметр закону розподілу часу ліквідації надзвичайної ситуації на території  $j$ -го регіону;  $k$  – коефіцієнт нелінійності шляху між регіонами;  $v_{cp}$  – середня швидкість руху сил цивільного захисту регіону;  $x_i, y_i, x_j, y_j$  – координати центрів  $i$ -го та  $j$ -го регіонів відповідно.

Враховуючи прийняті спрощення, цільова функція оптимального розміщення сил приймає наступний вид:

$$f(W) = \sum_{j=1}^6 \left( \frac{M[W_j]}{W_j + \sum_{i=1}^5 m \cdot (W_i - M[W_i]) \cdot \mu_j e^{-\mu_j \frac{\sqrt{(x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2}}{kv_{cp}}}} \right), \quad (4)$$

де  $x, y$  – координати розташування сил;  $M[W_j], M[W_i]$  – оцінка очікування відносного залучення сил до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації на території  $j$ -го та  $i$ -го регіонів відповідно;  $W_j, W_i$  – відносна кількість сил цивільного захисту на території  $j$ -го та  $i$ -го регіонів відповідно;  $m$  – коефіцієнт, що враховує, яку частину вільних сил цивільного захисту можна залучати до ліквідації надзвичайної ситуації в інших регіонах.

Оптимізаційне завдання необхідно доповнити відповідними обмеженнями:

$$x \leq z,$$

$$y \leq g,$$

$$\sum_{j=1}^{25} W_j = 1,$$

$$W_j > 0,$$

які враховують обмеження за координатами розташування регіонів та обмеженість загальної кількості сил цивільного захисту в країні.

**Висновки.** Розроблена оптимізаційна модель розподілу сил цивільного захисту по регіонах країни потребує мати знання щодо математичного очікування знаходження сил цивільного захисту регіону в стані ліквідації надзвичайних ситуацій.

Математичне очікування знаходження сил цивільного захисту регіону в стані ліквідації надзвичайних ситуацій може бути визначено на основі статистичного підходу в процесі аналізу ретроспективних даних щодо ліквідації надзвичайних ситуацій на території відповідних регіонів, або на основі розгляду виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій, як Марківського процесу.

Подальші дослідження в плані оптимізації розподілу сил цивільного захисту по території країни необхідно направити на дослідження доцільності створення та розміщення на території країни локальних міжрегіональних центрів реагування та уточнення створеної оптимізаційної моделі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту. [Електронний ресурс] Режим доступу <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
2. Красавин А.В. Нормирование ресурсов пожарной охраны / А.В. Красавин – М.: Эко-Пресс, 2009. – 194 с.
3. Безопасность городов: имитационное моделирование городских процессов и систем / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, П. Вагнер и др. – М.: «ФАЗИС», 2004. – 172 с.
4. Таха Х.А. Введение в исследование операций/ Х.А. Таха. . – М.: Вильямс, 2005. – 912 с..
5. Вентцель Е.С. Исследование операций / Вентцель Е.С. – М.: Советское радио, 2001. – 208 с.
6. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле / Ю.В. Чуев. – М.: Воениздат, 1970. – 256 с.
7. Розподіл регіонів України за рівнем реалізації загроз природного, техногенного та соціально-політичного характеру / А.С. Рогозін, В.С. Хоменко, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 16. – С. 95 – 106.
8. Формалізація реалізації загроз природного та техногенного характеру в регіонах з високим рівнем техногенного навантаженням / А.С. Рогозін, В.С. Хоменко, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2013. – Вип. 17. – С. 138 – 145.
9. Рогозін А.С. Аналіз реалізації загроз природного та техногенного характеру на території Донецької області / А.С. Рогозін //Зб. наукових праць ХУПС. Випуск2(35). – 2013. – С. 206-208.

10. Рогозін А.С. Формалізація залучення сил цивільного захисту для ліквідації надзвичайних ситуацій на території України / А.С. Рогозін, С.О. Скларов // Системи обробки інформації. Випуск 1(117). – 2014. – С. 241-243.

А.С. Рогозін, А.Н. Соболев, Р.Т. Левченко

**Оптимизационная модель распределения сил гражданской защиты по регионам Украины**

В статье рассмотрен вопрос оптимизации распределения сил гражданской защиты по регионам страны, на основе учета стохастической природы возникновения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и привлечения в процессе ликвидации сил гражданской защиты из других регионов. Построена оптимизационная модель распределения сил гражданской защиты на территории страны.

**Ключевые слова:** модель, оптимизация, силы, гражданская защита, распределение, регионы.

A.S. Rogozin, A.N. Sobol, R.T. Levchenko

**Optimization model of civil defense forces distribution in regions of Ukraine**

In the article it is presented the question of optimizing the allocation of civil protection forces in the regions of country, based on consideration of the stochastic occurrence and response to emergency situations, engaging in the process of liquidation of civil defense forces from other regions. It is constructed the optimization model of civil protection forces distribution in the country.

**Keywords:** model, optimization, forces, civil protection, distribution, regions.