

*І.М. Неклонський, к.військ.н., доцент, НУЦЗУ,  
Д.Л. Соколов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДІЯЛЬНОСТІ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В РІЗНИХ РЕЖИМАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

(представлено д.т.н. Бодянським Е.В.)

Для обґрунтування рішення щодо ефективності діяльності системи цивільного захисту в різних режимах функціонування побудована математична модель, в якій процес, що протікає в системі, описаний математичними методами дослідження операцій.

**Ключові слова:** система, випадковий процес, ефективність діяльності, дослідження операцій.

**Постановка проблеми.** З точки зору стратегії забезпечення національної безпеки [1] розвиток Державної служби України з надзвичайних ситуацій має забезпечити підвищення її спроможності щодо ефективного управління єдиною державною системою цивільного захисту (ЄДСЦЗ).

Системний характер загроз виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру, збільшення масштабів НС при недостатній ефективності заходів щодо їх запобігання та нейтралізації внаслідок відсутності комплексного підходу до формування та реалізації державної політики в сфері цивільного захисту приводить до необхідності аналізу процесів, що відбуваються в системі цивільного захисту, з точки зору їх структури і організації. Для цього потрібні науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимального (раціонального) управління такими процесами.

ЄДСЦЗ залежно від масштабів і особливостей НС, що прогнозується або виникла, може функціонувати у різних режимах: повсякденного функціонування; підвищеної готовності; надзвичайної ситуації; надзвичайного стану. [2] Положенням про ЄДСЦЗ [3] визначається перелік заходів, що здійснюються у відповідному режимі, завдання та порядок взаємодії суб'єктів забезпечення цивільного захисту під час функціонування зазначеної системи у відповідному режимі. Для розроблення ефективного управління ЄДСЦЗ потрібен науковий підхід щодо оцінювання діяльності системи в різних режимах функціонування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основні недоліки організаційних засад ЄДСЦЗ на сучасному етапі її розвитку розглянуто в роботі [4]. В роботі наведено конкретні приклади недосконалості чинного законодавства у сфері цивільного захисту та показано їхній вплив на ефективність виконання суб'єктами забезпечення цивільного захисту,

передусім загальнодержавного рівня, покладених на них завдань і функцій, показано окремі суперечності та прогалини в регламентації діяльності єдиної державної системи цивільного захисту, її функціональних та територіальних підсистем. Але автором не запропоновано шляхів вирішення проблемних питань, а наголошено про необхідність подальших наукових досліджень щодо напрямів удосконалення організаційної структури, складу, правових та інших засад діяльності ЄДС ЦЗ.

В роботі [5] викладено основні проблеми нормативного забезпечення сфери цивільного захисту та показано основні принципи державної політики у сфері цивільного захисту і наведено її основні складові. Розкрито роль і значення створення і функціонування ЄДСЦЗ в забезпеченні гарантованого рівня безпеки особистості, суспільства і держави в межах науково-обґрунтованих критеріїв прийнятого ризику. Виходячи з цього авторами надані пропозиції щодо подальшого розвитку ЄДСЦЗ, які полягають в удосконаленні системи управління шляхом створення структурних підрозділів з питань цивільного захисту у складі центральних та регіональних органів виконавчої влади, а також створення системи моніторингу і прогнозування НС. Але автори не приводять математичну модель, що б давало можливість застосовувати кількісні методи обґрунтування рішень щодо діяльності такої системи.

В роботі [6] система взаємодії двох суб'єктів при ліквідації наслідків НС розглядається як організаційна система, яка є складною, багатофункціональною, динамічною, в якій протікає випадковий процес зміни свого стану протягом часу. Побудована математична модель формування системи взаємодії підрозділів різного підпорядкування при виникненні НС за допомогою безперервного марківського ланцюга («схеми загибелі та розмноження») [7]. Розв'язок задач «загибелі та розмноження» зводиться до знаходження граничних ймовірностей станів при відомих чи регламентованих інтенсивностях потоку подій, що переводять систему в один з послідовних станів. Такий підхід цікавий з точки зору кінцевого результату, але при дослідженні системи цивільного захисту в різних режимах функціонування розмічений граф стану системи буде мати інший вигляд – відмінний від «схеми загибелі та розмноження». Тому для подальших досліджень необхідно побудувати відповідний граф стану системи, що дозволить сформулювати математичну модель та описати процеси її переходу в інші стани за допомогою методів дослідження операцій.

**Постановка завдання та його вирішення.** Для обґрунтування рішення щодо ефективності діяльності системи цивільного захисту в різних режимах функціонування необхідно побудована математичну модель, в якій процес, що протікає в системі, буде описуватись математичними методами дослідження операцій.

Нехай система  $S$  (ЄДСЦЗ) має наступні стани:  $S_0$  – режим повсякденного функціонування;  $S_1$  – режим підвищеної готовності;  $S_2$  – режим

надзвичайної ситуації;  $S_3$  – режим надзвичайного стану. Побудуємо розмічений граф стану системи, позначивши  $\lambda_{ij}$  інтенсивність потоку подій, що переводить систему із одного стану в інший (рис. 1).

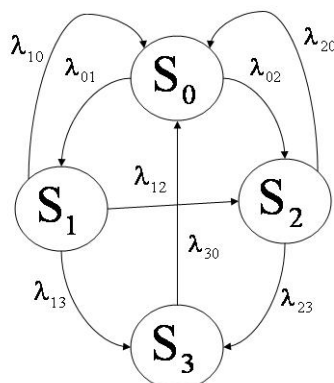


Рис. 1. Розмічений граф стану системи

Тоді система  $S$ , що розглядається, має чотири стани ( $n = 4$ ) і в момент часу  $t$  буде знаходитись в одному з них з ймовірністю  $p_i(t)$ . А для любого моменту часу сума всіх ймовірностей станів дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=1}^n p_i(t) = 1. \text{ Тепер маючи розмічений граф стану системи можна найти всі}$$

ймовірності станів  $p_i(t)$  як функції часу. Для цього складемо рівняння Колгоморова [7], яке буде мати наступний вигляд

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= \lambda_{10} \cdot p_1 + \lambda_{20} \cdot p_2 + \lambda_{30} \cdot p_3 - (\lambda_{01} + \lambda_{02}) \cdot p_0 \\ \frac{dp_1}{dt} &= \lambda_{01} \cdot p_0 - (\lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{13}) \cdot p_1 \\ \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_{02} \cdot p_0 + \lambda_{12} \cdot p_1 - (\lambda_{20} + \lambda_{23}) \cdot p_2 \\ \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{13} \cdot p_1 + \lambda_{23} \cdot p_2 - \lambda_{30} \cdot p_3 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $p_i$ ,  $i = 0,1,2,3$  – ймовірність  $i$ -го стану системи  $S$  ( $S_0, S_1, S_2, S_3$ ).

Розв'язання рівняння дає можливість найти всі ймовірності станів як функцію часу. Крім того, в теорії випадкових процесів доводиться, що якщо число  $n$  станів системи є кінцевим та із кожного з них можна перейти в любой інший стан, то існують фінальні ймовірності. [7] Тобто при  $t \rightarrow \infty$  в системі  $S$  встановлюється граничний стаціонарний режим, в якому система випадковим образом змінює свої стани, але їх ймовірності уже не залежать від часу.

Тоді по графу станів (рис.1) можна написати систему лінійних алгебраїчних рівнянь, яка буде мати наступний вигляд

$$\left. \begin{aligned} p_0 \cdot (\lambda_{01} + \lambda_{02}) &= \lambda_{10} \cdot p_1 + \lambda_{20} \cdot p_2 + \lambda_{30} \cdot p_3 \\ p_1 \cdot (\lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{13}) &= \lambda_{01} \cdot p_0 \\ p_2 \cdot (\lambda_{20} + \lambda_{23}) &= \lambda_{02} \cdot p_0 + \lambda_{12} \cdot p_1 \\ p_3 \lambda_{30} &= \lambda_{13} \cdot p_1 + \lambda_{23} \cdot p_2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для визначення значень фінальних ймовірностей для системи рівнянь (2) необхідно ввести так звану нормувальну умову  $p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1$  та відкинути одне з рівнянь, так як воно виходить як наслідок з інших.

Так як під фінальної ймовірністю стану системи розуміють середній відносний час перебування системи в цьому стані то знання фінальних ймовірностей може допомогти оцінити середню ефективність роботи системи.

Таким чином, для обґрунтування рішення щодо ефективності діяльності системи цивільного захисту в різних режимах функціонування побудована математична модель, в якій процес, що протікає в системі, описується математичними методами дослідження операцій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія національної безпеки України [Текст]: Указ Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015 // Офіційний вісник України. – 2015 р. – № 43. – 09 червня. – С. 14.
2. Кодекс цивільного захисту України [Текст]: закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI // Офіційний вісник України. - 2012 р. – № 89. – 30 листопада. – С. 9.
3. Про єдину державну систему цивільного захисту [Текст]: постановою Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014р. – № 11 // Офіційний вісник України. – 2014. – № 8. – 31 січня. – С. 341.
4. Андреев С. Основні недоліки організаційних засад функціонування єдиної державної системи цивільного захисту на сучасному етапі її розвитку [Текст] / С. Андреев // Ефективність державного управління: зб. наук. пр. Львів. регіон. ін-т держ. упр. Нац. акад. держ. упр. при Президенті України. – Львів: ЛРІДУ НАДУ. – 2014. – Вип. 39. – С. 219-230.
5. Перепелятніков Г.П. Актуальні проблеми забезпечення цивільного захисту в Україні [Текст] / Г.П. Перепелятніков, О.М. Євдін, О.П. Яцюк // Науковий вісник УкрНДПБ: наук. журн. – Київ: Укр. н.-д. ін-т пожеж. безпеки, 2014. – № 2 (30). – С. 30-34.
6. Гузенко В.А. Математична модель формування системи взаємодії підрозділів різного підпорядкування при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] / В.А. Гузенко, І.М. Неклонсь-

---

кий // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2014. – Вип. 19. – С. 49-53. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/9.pdf>.

7. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 208 с.

*Отримано редколегією 12.10.2016*

И.М. Неклонский, Д.Л. Соколов

**Математическая модель деятельности системы гражданской защиты в различных режимах функционирования**

Для обоснования решения об эффективности деятельности системы гражданской защиты в различных режимах функционирования построена математическая модель, в которой процесс, протекающий в системе, описан математическими методами исследования операций.

**Ключевые слова:** система, случайный процесс, эффективность деятельности, исследование операций.

I.M. Neklonsky, D.L. Sokolov

**Mathematics model of system of civil protection activities in the different modes of operation.**

Mathematic model is designed for rationale of the solution about the effectiveness of civil protection system activity in different modes of operation. Model has the process, which occurs in the system and described by the mathematical methods of operations research.

**Keywords:** system, process occurring accidentally, efficiency activities, investigation operations.