

*А.С. Рогозін, к.т.н., доцент, ХНУМГ,  
О.В. Пирогов, к.т.н., викладач, НУЦЗУ,  
Є.А. Яровий, викладач, НУЦЗУ*

## **АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

(представлено д.т.н. Чубом І.А.)

В статті представлено результати аналізу процесу виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій на території Дніпропетровської області.

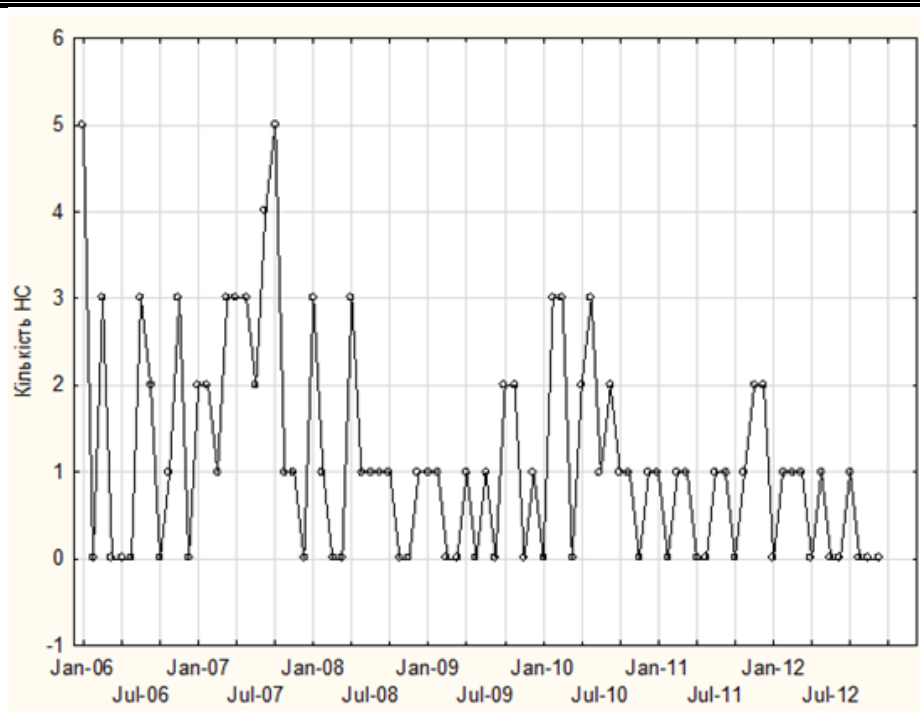
**Ключові слова:** загрози, реалізація, надзвичайна ситуація, закон розподілу, процес.

**Постановка проблеми.** Необхідною умовою забезпечення ефективності заходів цивільного захисту є адекватність кількості сил існуючим загрозам на території [1]. Визначення оптимального складу сил та засобів на території регіонів, призначених для забезпечення відповідного рівня цивільного захисту, необхідно здійснювати спираючись на знання про процес виникнення та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. У зв'язку з цим важливою проблемою в рамках забезпечення ефективності заходів цивільного захисту є створення математичних моделей опису процесів, виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій на території адміністративних утворень України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методологія оцінки та моделювання величин стохастичної природи викладена в [2-5]. Оцінці загроз природного та техногенного характеру за інтегральним показником присвячена робота [6].

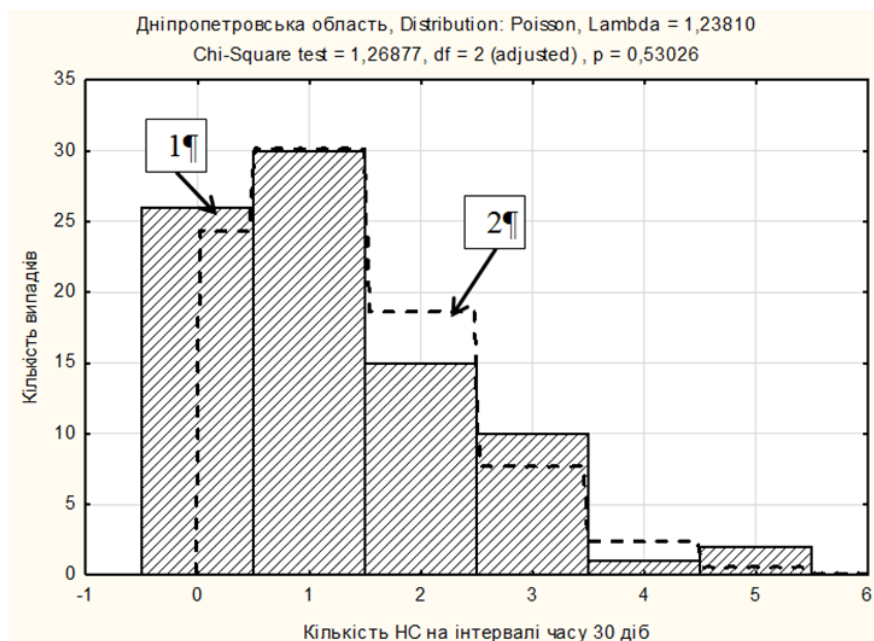
В [7-9] розглянуто підходи щодо аналізу оперативної обстановки на території регіонів. В [10] представлено розподіл реалізації загроз природного та техногенного характеру на території Дніпропетровської області. Питання визначення характеру процесу виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) на території Дніпропетровської області не розглядалися.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою статті є представлення результатів дослідження процесу виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій на території Дніпропетровської області. Аналіз проводився на вибірці 97 надзвичайних ситуацій (НС), що виникли на території Дніпропетровської області за період з 2006 по 2013 рік з них: техногенного характеру – 57, природного – 25, іншого характеру – 15. На рис.1 представлено динаміка виникнення НС на території Дніпропетровської області.



**Рис. 1. Ряд динаміки виникнення надзвичайних ситуацій на території Дніпропетровської області**

На рис. 2 представлено результати аналізу розподілу НС, як випадкової величини.



**Рис. 2. Розподіл виникнення НС на території Дніпропетровської області: 1 - емпіричний розподіл НС; 2 – розподіл за законом Пуасона**

Математичне очікування виникнення НС на інтервалі часу 30 діб для Дніпропетровської області складає 1,24, рівень значимості перевірки

гіпотези про пуасонівський характер виникнення НС дорівнює 0,53, що обумовлює можливість моделювання виникнення НС на території області за законом Пуасона.

На час ліквідації наслідків НС здійснює вплив велика кількість різноманітних чинників стохастичного характеру, що в свою чергу, обумовлює можливість розглядати час ліквідації НС, як випадкову величину. Характер розподілу часу ліквідації НС на території області дозволив висунути гіпотезу про показовий закон розподілу часу ліквідації НС.

В табл. 1 представлено результати аналізу розподілу часу ліквідації НС на території Дніпропетровської області.

**Табл. 1. Результати аналізу розподілу часу ліквідації НС на території області**

Час ліквідації НС (діб)	Емпіричний розподіл	Розподіл за показовим законом
0-5	48	44,7062645
5-10	27	24,1016244
10-15	8	12,993443
15-20	8	7,00490384
20-25	2	3,77641844
25-30	0	2,03590749
30-35	0	1,09757946
35-40	1	0,591716806
40-45	2	0,319000847
45-50	1	0,171976762
$\mu$	0,12356687	
$\chi^2$	3,23893	
P- рівень значимості критерію	0,35623	

Результати аналізу статистичних даних (табл. 1) вказують, що критерій Пірсона приймає невелике значення, при достатньо високому рівні значимості, що дозволяє для Дніпропетровської області не відкидати гіпотезу про розподіл часу ліквідації НС за показовим законом з параметром  $\mu=0,124$ .

В табл. 2 представлено результати аналізу ймовірностей знаходження сил цивільного захисту Дніпропетровської області в процесі одночасної ліквідації НС. Результати отримані на основі розгляду виникнення та ліквідації НС, як випадкового Марківського процесу з пуасонівським характером потоку виникнення НС та потоком ліквідації НС, який підкоряється показовому закону розподілу.

В ході проведеного аналізу було встановлено, що математичне очікування участі сил цивільного захисту в ліквідації НС складає 0,33 а постійна часу перехідного процесу для Дніпропетровської області дорівнює 187 годин.

Табл. 2. Результати аналізу знаходження сил цивільного захисту в стані одночасної ліквідації НС

Математичне очікування участі сил у ліквідації НС	Постійна часу перехідного процесу зміни ймовірностей	Ймовірності знаходження сил в процесі одночасної ліквідації n НС				
		M[NS]	$\tau$	n=0	n=1	n=2
0,3339892	7,812122613	0,7160615162	0,2391568126	0,03993789622	0,004446275328	0,0003712519844

Приймаючи гіпотези, що виникнення НС на території області відбувається за законом Пуасона а ліквідація НС за показовим законом розподілу, рівняння перехідного процесу зміни ймовірностей станів знаходження сил цивільного захисту регіону в процесі ліквідації НС, для трьох станів, мають наступний вид:

$$P_0(t) = 6,156729741 \cdot 10^{-182} ((1,22509663 \cdot 10^{180} \cdot A - 5,608383659 \cdot 10^{180} \cdot B - 7,989558179 \cdot 10^{180} \cdot C + 7,83297256 \cdot 10^{179}) \cos(0,2233272844 \cdot t) + 8,946942047 \cdot 10^{98} \cdot \sin(0,2233272844 \cdot t) (-1,432096761 \cdot 10^{82} + 1,535460742 \cdot 10^{82} \cdot A + 1,314574780 \cdot 10^{82} \cdot B + 4,417719297 \cdot 10^{81} \cdot C)) \cdot e^{-0,1280061834t} + 0,716365502 + 1,3304317 \cdot 10^{-220} \cdot (-5,746939111 \cdot 10^{21} + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + 2,595345748 \cdot 10^{219} \cdot B + 3,697262362 \cdot 10^{219} \cdot C) \cdot e^{-0,2384882433t};$$

$$P_1(t) = 0,239239016 + 2,123464303 \cdot 10^{-220} (-6,873583977 \cdot 10^{219} + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + 7,304631411 \cdot 10^{219} \cdot B + 3,697262362 \cdot 10^{219} \cdot C) \cdot e^{-0,1280061834t} \cos(0,2233272844 \cdot t) + 3,571261203 \cdot 10^{-163} (-2,044195703 \cdot 10^{162} \cdot A + 3,24132111 \cdot 10^{161} \cdot B + 2,011061359 \cdot 10^{162} \cdot C + 1,306507558 \cdot 10^{162}) \cdot \sin(0,2233272844 \cdot t) e^{-0,1280061834t} - 2,123464303 \cdot 10^{-220} \cdot (-5,746939111 \cdot 10^{219} + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + 2,595345748 \cdot 10^{219} \cdot B + 3,697262362 \cdot 10^{81} \cdot C)) \cdot e^{-0,1280061834t} + 0,716365502 + 1,3304317 \cdot 10^{-220} \cdot (-5,746939111 \cdot 10^{21} + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + 2,595345748 \cdot 10^{219} \cdot C) \cdot e^{-0,2384882433t};$$

$$\begin{aligned}
P_2(t) = & 1,694600574 \cdot 10^{-220} (-5,746939111 \cdot 10^{219} + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + \\
& + 2,595345748 \cdot 10^{219} \cdot B + 3,697262362 \cdot 10^{219} \cdot C) \cdot e^{-0,2384882433t} - \\
& - 7,452979407 \cdot 10^{-221} \cdot (-6,873583977 \cdot 10^{219} + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + \\
& + 7,304631411 \cdot 10^{219} \cdot B + 3,697262362 \cdot 10^{219} \cdot C) \cdot e^{-0,1280061834t} + \\
& + \cos(0,2233272844 \cdot t) - 1,918910449 \cdot 10^{-220} (-6,873583977 \cdot 10^{219} + \\
& + 6,94942935 \cdot 10^{219} \cdot A + 7,304631411 \cdot 10^{219} \cdot B + 3,697262362 \cdot 10^{219} \cdot C) \cdot \\
& \cdot e^{-0,1280061834t} \cdot \sin(0,2233272844 \cdot t) - 1,253448723 \cdot 10^{-163} (- \\
& - 2,044195703 \cdot 10^{162} \cdot A + 3,24132111 \cdot 10^{161} \cdot B + 2,011061359 \cdot 10^{162} \cdot C + \\
& + 1,306507558 \cdot 10^{162}) \cdot e^{-0,1280061834t} \cdot \sin(0,2233272844 \cdot t) + 3,227240707 \cdot 10^{-163} \cdot \\
& \cdot (-2,044195703 \cdot 10^{162} \cdot A + 3,24132111 \cdot 10^{161} \cdot B + 2,011061359 \cdot 10^{162} \cdot C + \\
& + 1,306507558 \cdot 10^{162}) \cdot e^{-0,1280061834t} \cdot \cos(0,2233272844 \cdot t) + 0,03994839687,
\end{aligned}$$

де  $A, B, C$  – початкові умови  $P_0(0), P_1(0), P_2(0)$  відповідно.

За масштабністю наслідків надзвичайні ситуації розподілено наступним чином: державного рівня – 2 (2%), регіонального рівня – 2 (2%), місцевого – 54 (56%), об'єктового рівня – 39 (40%).

Для побудови адекватних імітаційних моделей виникнення та ліквідації НС, здійснення планування заходів цивільного захисту необхідно знати характер зміни інтенсивності реалізації загроз природного та техногенного характеру.

На рис. 3-4 представлено розподіл виникнення НС техногенного та природного характеру на інтервалі часу один рік.

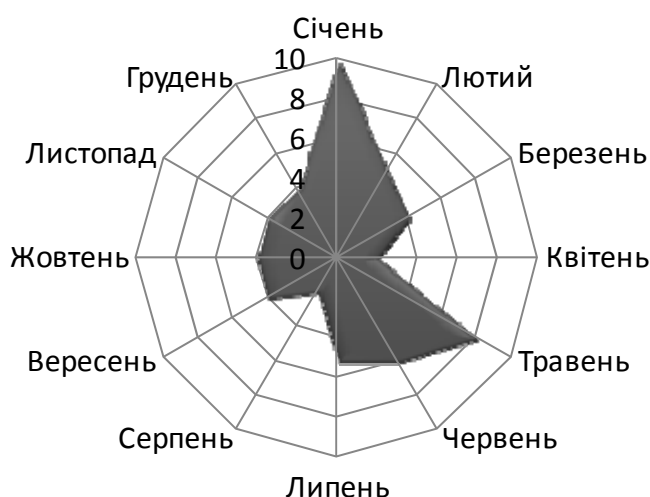


Рис. 3. Розподіл виникнення НС техногенного характеру

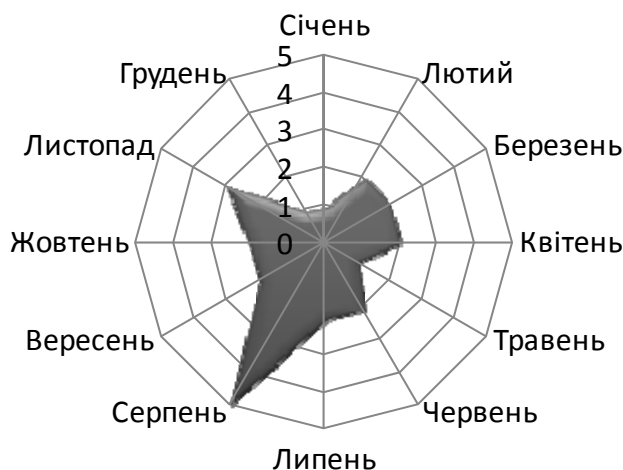


Рис. 4. Розподіл виникнення НС природного характеру по місяцям року

**Висновки.** Представлені результати аналізу процесу виникнення та ліквідації НС на території Дніпропетровської області дозволяють здійснювати моделювання виникнення та ліквідації НС з більш високим рівнем адекватності, та обґрунтовано застосовувати регулювання в рамках реалізації функції організації забезпечення цивільного захисту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
2. Кендалл М. Статистические выводы и связи / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука, 1973. – 900 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей/ Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1962. – 564 с.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.
5. Боровков А.А. Математическая статистика: оценка параметров, проверка гипотез / А.А. Боровков. – М.: Физматлит, 1984. – 472 с.
6. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складова державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
7. Рогозін А.С. Аналіз реалізації загроз природного та техногенного характеру на території Донецької області / А.С. Рогозін // Зб. наукових праць ХУПС. Вип. 2(35). – 2013. – С. 206-208.
8. Рогозін А.С. Формалізація залучення сил цивільного захисту для ліквідації надзвичайних ситуацій на території України / А.С. Рогозін, С.О. Склярів // Системи обробки інформації. Вип. 1(117). – 2014. – С. 241-243.

9. Рогозін А.С. Аналіз ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на території Київської, Харківської, Луганської, Одеської областей / А.С. Рогозін // Зб. наукових праць ХУПС. Вип. 3(40). – 2014. – С. 190-192.

10. Формалізація реалізації загроз природного та техногенного характеру в регіонах з високим рівнем техногенного навантаження/ А.С. Рогозін, В.С. Хоменко, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2013. – Вип. 17. – С. 138-145.

*Отримано редколегією 11.10.2016*

А.С. Рогозин, О.В. Пирогов, Е.А. Яровой

**Анализ процесса возникновения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории Днепропетровской области**

В статье представлены результаты анализа процесса возникновения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории Днепропетровской области.

**Ключевые слова:** угрозы, реализация, чрезвычайная ситуация, закон распределения, процесс.

A.S. Rogozin, A.V. Pirogov, Y.A. Yarovoj

**The analysis of process emergence and liquidation of emergency situations in the territory of the Dnipropetrovsk region**

An analysis of the emergence process and elimination of emergency situations on the territory of the Dnipropetrovsk region in a paper presented.

**Keywords:** threats, realization, emergency situation, distribution law, process.