

А.А. Хижняк
С. А. Фірсов
О.О. Ченчева
С. А. Дикань

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ І ПОДІЙ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Мета. Опрацювання статистичних даних та прогнозування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) воєнного характеру та їхніх наслідків (на прикладі території Полтавської області) для підвищення ефективності підготовки сил цивільного захисту.

Методика. У дослідженні використано математичний апарат систем масового обслуговування, зокрема найпростіший пуассонівський потік подій для визначення ймовірностей виникнення повітряних тривог, вибухів та людських втрат. Також застосовано метод загального оцінювання ризику — аналіз дерева подій (Event Tree Analysis, ETA), що базується на індуктивному мисленні для кількісного визначення можливих сценаріїв розвитку ситуації.

Результати. На основі аналізу статистики в Полтавській області за період з вересня 2024 по липень 2025 року визначено інтенсивність основних подій: повітряних тривог (3,49 на день), вибухів (1,04), появи постраждалих (1,39) та загиблих (0,26). Розраховано ймовірності виникнення цих подій протягом одного дня: ймовірність оголошення хоча б однієї тривоги становить 97%, вибуху - 65%, наявності постраждалих - 75%, загиблих - 23%. Побудовано графічну модель (дерево подій), яка дозволяє ідентифікувати сценарії розвитку НС від ініціюючої події (тривоги) до кінцевих наслідків.

Новизна. Полягає у застосуванні математичних методів теорії масового обслуговування до специфічних подій воєнного стану (ракетних та дронівих обстрілів) з метою переходу від простого інформування про небезпеку до повноцінного прогнозування ймовірності виникнення НС. Вперше на прикладі конкретного тилового регіону кількісно оцінено ймовірнісні характеристики ризиків воєнного характеру.

Практична значимість. Отримані прогнозні моделі дозволяють органам влади та суб'єктам управління ризиками завчасно приймати рішення щодо підготовки сил цивільного захисту, переведення закладів на онлайн-навчання чи дистанційну роботу та підготовки медичних установ до приймання постраждалих. Методика може бути масштабована на інші регіони України для створення обґрунтованих планів реагування на загрози воєнного часу.

Ключові слова: прогнозування надзвичайних ситуацій, воєнний стан, повітряна тривога, ризик, потік подій, розподіл Пуассона, аналіз дерева подій (ETA).

Вступ.

Повномасштабна війна росії проти України внесла в наш мінливий світ нові загрози, небезпечні події і надзвичайні ситуації (НС). Перманентні обстріли цивільної інфраструктури по всій території України несуть смерть і руйнування, заважають нормально працювати, змушують людей покидати свої домівки і переселятися в інші, відносно безпечні регіони. Щоденні повітряні тривоги і вибухи, які можуть початися в будь-яку хвилину, тримають людей у постійному стресі, створюють відчуття хаосу, непередбачуваності, виснажують психологічно. Проте навіть ці НС воєнного характеру можна приборкати, поставити їх у певні рамки, до них можна підготуватися, їх можна передбачати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Прогнозування ймовірності виникнення НС є неодмінною умовою оцінювання ризиків виникнення НС. Приміром, як зазначено в [1, стаття 171,

п. 19], ДСНС здійснює разом із центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями прогнозування ймовірності виникнення НС задля оцінки ризику їх виникнення. Зауважимо: здійснює прогнозування всіх НС, і воєнного характеру в тому числі!

Однак фактично, в Україні прогнозування НС воєнного характеру замінено на попередження громадян про небезпеку обстрілів шляхом інформування населення про повітряну тривогу. Такі попередження, звичайно, необхідні, але вони не мають нічого спільного з процесом прогнозування. За визначенням, наведеним у Методиці [2], прогнозування — це завчасне визначення ймовірності виникнення і динаміки розвитку надзвичайних ситуацій на підставі аналізу можливих причин їх виникнення, які зумовлені дією джерел

надзвичайних ситуацій у минулому і на тепер, та оцінювання можливих наслідків.

В такому контексті імовірність виникнення НС часто розуміють як ризик НС. Останнім часом у сфері цивільного захисту з'явилися нормативні документи [3] і [4] для визначення ризиків НС техногенного характеру та пожеж. Проте на четвертий рік війни методики визначення ризиків НС воєнного характеру і досі немає.

Мета статті (постановка завдання). Як свідчить [4], оцінити імовірність виникнення надзвичайних ситуацій певного виду можна на основі статистичних даних, історичних подій або експертних оцінок. За роки війни з'явилася певна статистика, опрацювання якої дозволяє прогнозувати загрозу ракетних обстрілів і атак безпілотників, а також їхні наслідки. Приміром, карта повітряних тривог України (<https://alerts.in.ua/>) публікує статистику кількості оголошених тривог, повідомлень про вибухи, середню тривалість тривог по місяцям, по днях тижня в різних регіонах України. Є також сайт <https://air-alarms.in.ua/>, який використовує офіційні і неофіційні джерела інформації. Як офіційні джерела сайт використовує дані телеграм-каналу "Повітряна тривога", звідки надходять дані про повітряні тривоги рівня області та у м. Київ. До неофіційних OSINT-джерел відносяться безліч місцевих телеграм-каналів типу мобільного додатку "єТривога", котрі сповіщають населення про загрози на місцевому рівні. Вся ця інформація може бути використана центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями для прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, спричинених обстрілами з повітря. Тож метою дослідження є опрацювання статистики і прогнозування ризиків виникнення НС воєнного характеру з їхніми наслідками на прикладі території Полтавської області, віддаленої від зони активних бойових дій.

Виклад основного матеріалу.

Повітряні тривоги, ракетні чи дронів удари по окремих територіях України, їхні наслідки (будемо називати їх подіями і позначати k) в математичній інтерпретації можна порівняти з надходження запитів у системах масового обслуговування [5]. Усі ці НС воєнного часу є ймовірнісними і

утворюють потік подій k , що настають у випадкові моменти часу t .

Базовим параметром потоку є інтенсивність потоку $\lambda(t)$ – математичне очікування кількості подій за одиницю часу [5, с. 48]:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{k_n(t, t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (1)$$

тобто це границя відношення математичного очікування кількості подій k на інтервалі $(t, t + \Delta t)$ до довжини цього інтервалу, що наближається до нуля.

Випадкові часові інтервали між настанням подій у потоці можуть характеризуватися різними законами розподілу. Однак у більшості робіт, особливо прикладних, розглядається найпростіший (пуасонівський) потік, у якому ймовірність того, що в проміжку відбудеться рівно k подій, задається формулою Пуассона [5, с. 48]:

$$P_k(t) = (\lambda t)^k \cdot \frac{e^{-\lambda t}}{k!} \quad (2)$$

де $\lambda > 0$ – параметр потоку, тобто його інтенсивність (частота).

Для того, щоб застосувати розподіл Пуассона, потрібно пересвідчитися, що потік подій відповідає умовам стаціонарності, відсутності післядії та ординарності.

Випадковий потік називається стаціонарним, якщо ймовірність виникнення певної кількості подій протягом певного відрізка часу залежить лише від його тривалості й не залежить від початку його відліку на осі часу. Це означає: якщо на часовій осі відкласти рівні інтервали часу t , то ймовірність появи в цих інтервалах певної кількості подій для цього потоку залежить лише від величини t й не залежить від розміщення цього інтервалу на часовій осі. Такими інтервалами часу в якості дослідження будемо вважати календарні дні.

Відсутність післядії полягає в тому, що ймовірність надходження за відрізок часу t певної кількості подій k не залежить від того, скільки подій уже сталося, тобто не залежить від передісторії досліджуваного явища. Ординарність потоку подій означає практичну неможливість появи двох і більше подій в один і той самий момент часу.

Аналіз потоків досліджуваних подій (повітряних тривог, вибухів, кількості загиблих і постраждалих) дозволяє стверджувати, що вони задовольняють вимогам стаціонарності, відсутності післядії та ординарності. При цьому під «вибухами» будемо розуміти будь-які незаплановані завчасно вибухи, які пов'язані з веденням бойових дій та становлять потенційну загрозу безпеці населення. Це такі вибухи як, наприклад, влучання ракет, робота систем ППО чи інші вибухи військового характеру.

Оскільки даних про збитки в результаті руйнувань в загальному доступі немає, небезпеку вибухів будемо пов'язувати лише із загрозою для життя і здоров'я населення.

Користуючись статистикою перелічених подій (табл.1), наведеною на сайті <https://air-alarms.in.ua/> та інформаційними звітами про НС, проведемо розрахунок імовірностей виникнення перелічених подій k за час t , який дорівнює одному дню. Тобто глибину прогнозу цих подій приймемо $t = 1$ день.

Таблиця 1.

Статистика подій k в Полтавській області з 01.09.2024 по 31.07.2025

	Подія k				
	Повітряні тривоги	Вибухи	Поранені (постраждалі)	Загиблі	Досліджуваний період:
Вересень 2024	165	32	332	55	50
Жовтень 2024	112	24	46	10	31
Листопад 2024	104	9	0	1	30
Грудень 2024	90	23	0	0	31
Січень 2025	111	34	0	0	31
Лютий 2025	101	51	19	15	28
Березень 2025	102	59	2	0	31
Квітень 2025	106	24	1	0	30
Травень 2025	90	30	1	0	31
Червень 2025	90	30	17	2	30
Липень 2025	95	33	48	4	31
Σ	1166	349	466	87	334
λ	3,49	0,54	1,39	0,26	

1. Перша подія – повітряна тривога. Інтенсивність потоку цих подій визначаємо як їхню сумарну кількість за досліджуваний період, поділену на тривалість періоду:

$$\lambda = \frac{1166}{334} = 3,49.$$

2. Скористаємося формулою Пуасона (2) для найпростішого потоку подій. Визначимо імовірність того, що протягом наступного за досліджуванним періодом дня ($t = 1$) не буде жодної повітряної тривоги ($k = 0$):

$$P_k(t) = (\lambda t)^k \cdot \frac{e^{-\lambda t}}{k!} = P_0(1) = \frac{(3,49 \cdot 1)^0 \cdot e^{-3,49 \cdot 1}}{0!} = e^{-3,49} = 0,030; \text{ тобто } 3,0\%.$$

Це доволі мала імовірність.

3. Визначимо імовірність того, що протягом наступного дня ($t = 1$) буде хоча б одна повітряна тривога ($k \geq 1$). Оскільки події «не буде жодної тривоги» і «буде хоча б одна тривога» не сумісні і становлять повну групу подій, то сума їх імовірностей дорівнює одиниці. Тоді

$$P_1(1) = 1 - P_0(1) = 1 - 0,03 = 0,97; \text{ тобто } 97\%.$$

Це дуже висока імовірність.

4. Якщо реалізується перша подія (повітряна тривога), може статися друга випадкова подія – вибух. До неї теж можна застосувати розподіл Пуасона. Параметр цього потоку – це частота вибухів $\lambda = 349/334 = 1,04$. Визначимо імовірність того, що

протягом наступного за досліджуваним періодом дня за умови повітряної тривоги станеться хоча б один вибух. По аналогії з попереднім розрахунком:

$$P_1(1) = 1 - P_0(1) = 1 - e^{-1,04} = 1 - 0,35 = 0,65; \text{ тобто } 65\%.$$

5. Третя випадкова подія – наявність постраждалих. За умови вибухів є ризик того, що будуть руйнування і ураження людей. Визначимо імовірність того, що упродовж дня буде хоча б один постраждалий. Частота цієї події $\lambda = 466/334 = 1,39$, тож

$$P_1(1) = 1 - P_0(1) = 1 - e^{-1,39} = 1 - 0,25 = 0,75; \text{ тобто } 75\%.$$

6. Четверта випадкова подія – наявність загиблих. Статистика свідчить, що частота таких наслідків $\lambda = 87/334 = 0,26$, тож імовірність того, що упродовж наступного за досліджуваним періодом дня буде хоча один загиблий в результаті ракетного або дронного удару

$$P_1(1) = 1 - P_0(1) = 1 - e^{-0,26} = 1 - 0,77 = 0,23; \text{ тобто } 23\%.$$

Після визначення імовірностей перелічених подій за рекомендаціями [3] переходимо до оцінки ризиків. Користуючись національним стандартом [6], виберемо один із методів загального оцінювання ризику – аналізу дерева подій (Event Tree Analysis, ETA). Це середній за складністю метод, який використовує індуктивне мислення для переведення ймовірностей різних першопочаткових подій у можливі результати, і дає можливість отримати кількісні параметри ризику. Метод ETA дозволяє ідентифікувати та проаналізувати потенційні сценарії розвитку подій, які можуть виникнути після ініціюючої події. Він дозволяє графічно, у вигляді дерева відображати послідовність подій, що можуть відбутися, враховуючи різні наслідки та заходи захисту.

Метод ETA починається з визначення початкової події (стовбура), яка веде до подальшого розвитку подій (гілок дерева). Такою початковою подією є повітряна тривога (рис.1). Наступні гілки «виростають» із вузлів (подій) і являють собою розгалуження можливих наслідків цих подій. Причому наслідки, які справджуються, позначають жирною лінією і малюють такими, що йдуть угору, а наслідки, які не справджуються, малюють тонкою лінією вниз. Над лініями позначають імовірність наслідків.

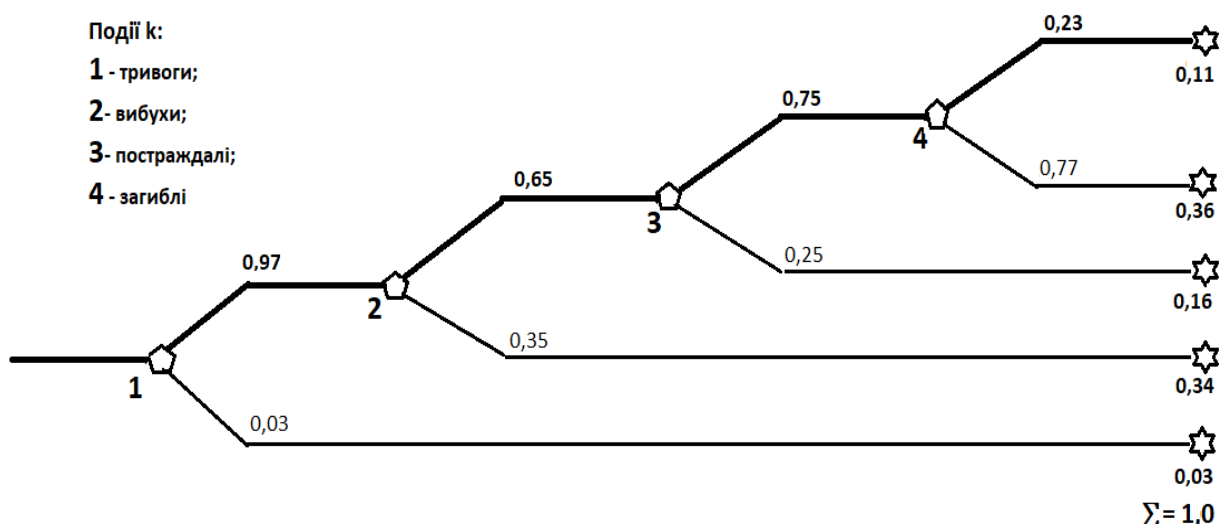


Рис. 1. Дерево подій для оцінювання ризиків НС воєнного часу

Зі схеми видно, що події 2, 3, 4 лежать на одній гілці дерева, а значить – вони умовні, тобто кожна наступна подія залежить від реалізації попередньої. Метод ЕТА дозволяє оцінити ймовірність здійснення кожного сценарію, враховуючи умовні ймовірності розвитку подій. Кожен шлях, що проходить по гілках дерева, відображає ймовірність настання всіх подій на цьому шляху. Тому ймовірність результату подають добутком окремих умовних ймовірностей і частоти першопочаткової події. Тобто для визначення кінцевого результату (ймовірності приходу на верхівку дерева по будь-якій гілці) усі ймовірності подій, які лежать на цій гілці, потрібно перемножити. Якщо дерево побудовано правильно і розрахунки виконані коректно, то сума ймовірностей по всіх верхівкам дерева утворює повну групу подій і дорівнює одиниці.

Проведемо оцінку ризиків за побудованим деревом подій. Національний стандарт [7] тлумачить термін «ризик» як невизначеність щодо досягнення цілей, а Методика [4] рекомендує цю невизначеність оцінювати ймовірністю виникнення НС певного виду на основі статистичних даних. Тож використовуючи побудоване дерево подій, визначаємо ризики кожної події, що можуть трапитися протягом дня, з урахуванням умовної ймовірності їх появи.

Ризик того, що повітряної тривоги протягом дня не буде:

$R'_1 = 0,03$ або 3% – невисокий ризик, тобто навряд чи день мине спокійно.

Ризик того, що повітряна тривога буде, але обійдеться без вибухів:

$R'_2 = 0,97 \times 0,35 = 0,34$ або 34% – середній ризик, тобто цілком можливо, що вибухи таки будуть.

Ризик того, що за наявності тривоги будуть вибухи, але постраждалих не буде:

$R'_3 = 0,97 \times 0,65 \times 0,25 = 0,16$ або 16% – невисокий ризик, тобто швидше за все постраждалих таки будуть.

Ризик того, що за наявності тривоги будуть вибухи і будуть постраждалі, але загиблих не буде:

$R'_4 = 0,97 \times 0,65 \times 0,75 \times 0,77 = 0,36$ або 36% – середній ризик, тобто такі наслідки цілком можливі.

Ризик того, що за наявності повітряної тривоги будуть і вибухи, і постраждалі, а серед постраждалих будуть і загиблі:

$R_4 = 0,97 \times 0,65 \times 0,75 \times 0,23 = 0,11$ або 11% – невисокий ризик, але, враховуючи наслідки, загроза серйозна.

Усі перелічені ризики в сумі утворюють повну групу подій, які можливі в період воєнного стану: «тривоги немає»; «тривога є, вибухів немає»; «вибухи є, постраждалих немає»; «постраждали є, загиблих немає»; «постраждали є, загиблі є». Тож сума ймовірностей цих подій дорівнює одиниці:

$$\sum R = 0,03 + 0,34 + 0,16 + 0,36 + 0,11 = 1,0.$$

Виконаємо ранжування ризиків, як це рекомендують нормативні документи [4] і [6]. Для цього побудуємо матрицю наслідків/ймовірностей. Її формат залежить від ситуації, в якій її використовують, тож характеристика її складових доволі умовна. Ймовірність ризиків поділимо на п'ять рангів, а наслідки – на чотири (табл. 2).

Оскільки ризик подають як комбінацію ймовірностей подій та їх наслідків [7], маємо $5 \times 4 = 20$ потенційних комбінацій, ранг яких записуємо у клітинках матриці.

Як бачимо, найвищого, шостого рівня набуває ризик наявності постраждалих (36%). Слідом іде ризик наявності загиблих (11%) – четвертий рівень. Далі – другого рівня – ризик наявності тривоги без вибухів (34%) і ризик наявності тривоги з вибухами, але без постраждалих (16%). Найнижчий, перший рівень посідає ризик першопочаткової події – відсутність повітряної тривоги. Він доволі низький – 3%. Темними кольорами, за рекомендацією [6], на матриці виділена зона неприпустимого ризику.

Отже, протягом дня тривога буде майже напевно, з ймовірністю 97%. Ймовірність кожної наступної події – умовна. З урахуванням наслідків – слід вжити заходів для забезпечення безпеки громадян, оскільки

ризик наявності постраждалих і загиблих $36 + 11 = 47\%$ – високий.

Звичайно, таке ранжування ризиків доволі умовне, оскільки жоден із них не відповідає нормативному рівню безпеки, наведеному в Методиці [4]. Але треба

розуміти, що нормативні рівні ризику НС розроблені на мирний період для НС техногенного характеру. Для умов життя під час війни і перманентних обстрілів цивільної інфраструктури прийнятного рівня ризику просто не існує, оскільки війна не є нормою.

Таблиця 2.

Матриця наслідків/імовірностей ризиків

Імовірність ризiku/ранг	Наслідки/ранг			
	Відсутні/1	Помірні/2	Значні/3	Катастрофічні/4
Невисока, 0...19% (1)	1 (тривоги не буде)	2 (тривога буде з вибухами)	3	4 (будуть загиблі)
Середня, 20...39% (2)	2 (тривога буде без вибухів)	4	6 (будуть постраждали)	8
Висока, 40...59% (3)	3	6	9	12
Дуже висока, 60...79% (4)	4	8	12	16
Майже достовірна, 80...99%; (5)	5	10	15	20

Висновки. Наведений підхід до оцінки ризиків НС воєнного часу дозволяє, як зазначено в [3], мінімізувати можливі ураження людей шляхом інформування про них громадян та місцевих органів влади. Наприклад, на сайтах територіальних органів ДСНС, сайтах місцевих органів влади. Крім того, суб'єкти управління ризиками можуть таким чином здійснювати прогнозування

наслідків НС воєнного характеру і завчасно приймати рішення стосовно підготовки сил цивільного захисту до реагування, медичних закладів – до приймання постраждалих, переведення працівників підприємств, установ, організацій на дистанційну роботу, учасників освітнього процесу – на онлайн-навчання тощо.

Список літератури

1. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
2. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті, затверджена наказом МВС України 29.11.2019 р. № 1000, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 14.05.2020 р. за № 440/34723. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20>
3. Порядок управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж, затверджений наказом МВС України 31.07.2023 р. № 627, зареєстрований в Міністерстві юстиції України

14.08.2023 р. за № 1397/40453. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1397-23#Text>

4. Методика оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж, затверджена наказом МВС України 13.10.2023 р. № 836, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 02.11.2023 р. за № 1905/40961. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1905-23#Text>

5. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування: навч. посібник. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.

6. Національний стандарт України ДСТУ EN IEC 31010:2022 «Керування ризиками –

методи оцінки ризиків». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100889

7. Національний стандарт України ДСТУ ISO Guide 73:2013 «Керування ризиком. Словник термінів». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59682

References

1. Civil Protection Code of Ukraine. (2012). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>

2. Methodology for forecasting the consequences of spills (releases) of hazardous chemicals during accidents at chemically hazardous facilities and during transport, approved by order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine on November 29, 2019. No. 1000, registered with the Ministry of Justice of Ukraine on May 14, 2020, under No. 440/34723. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20>

3. Procedure for managing risks of man-made emergencies and fires, approved by Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine No. 627 dated July 31, 2023, registered with the Ministry of

Justice of Ukraine on August 14, 2023, under No. 1397/40453. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1397-23#Text>

4. Methodology for assessing the risks of man-made emergencies and fires, approved by Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine No. 836 dated October 13, 2023, registered with the Ministry of Justice of Ukraine on November 2, 2023, under No. 1905/40961. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1905-23#Text>

5. Lytvynov, A. L. (2018). *Theory of Mass Service Systems: study guide*. Kharkiv: O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 141 p.

6. DSTU EN IEC 31010:2022. Risk management - Risk assessment techniques. National Standard of Ukraine. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100889

7. DSTU ISO Guide 73:2013. Risk management - Vocabulary. National Standard of Ukraine. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59682

Хижняк Андрій Анатолійович – начальник, PhD, ГУ ДСНС України в Полтавській області, (вул. Решетилівська 26/1, 36007, м. Полтава, Україна).

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-174513-0432>

E-mail: poltava@dsns.gov.ua

Фірсов Сергій Анатолійович – в.о. начальника Навчально-методичного центру цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Полтавської області (вул. Решетилівська, 26/1, 36007, м. Полтава, Україна).

E-mail: nmc.poltava@dsns.gov.ua

Ченчева Ольга Олександрівна – доктор технічних наук, доцент кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою; Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Університетська, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5691-7884>

E-mail: chenchevaolga@gmail.com

Дикань Сергій Антонович - кандидат технічних наук, доцент, викладач, Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Полтавської області, (вул. Решетилівська, 26/1, 36007, м. Полтава, Україна).

E-mail: sdikan@ukr.net

FORECASTING EMERGENCY SITUATIONS AND EVENTS
DURING MARTIAL LAW

Purpose. The processing of statistical data and forecasting the risks of military emergencies and their consequences (using the Poltava region as an example) to increase the efficiency of civil protection forces' preparation.

Methodology. The study uses the mathematical apparatus of queuing systems, specifically the simplest Poisson process, to determine the probabilities of air raids, explosions, and human losses. The general risk assessment method - Event Tree Analysis (ETA) - based on inductive reasoning, was also applied to quantify possible scenarios.

Results. Based on the analysis of statistics in the Poltava region for the period from September 2024 to July 2025, the intensity of key events was determined: air raids (3.49 per day), explosions (1.04), casualties (1.39), and fatalities (0.26). The probabilities of these events occurring within a single day were calculated: the probability of at least one air raid is 97%, an explosion - 65%, casualties - 75%, and fatalities - 23%. A graphical model (event tree) was constructed to identify emergency development scenarios from the initiating event (alarm) to the final consequences.

Novelty. The novelty lies in applying mathematical methods of queuing theory to specific events of martial law (missile and drone strikes) to transition from simple danger notification to full-scale forecasting of emergency probabilities. For the first time, using a specific rear region as an example, the probabilistic characteristics of military risks have been quantitatively assessed.

Practical Significance. The obtained predictive models allow authorities and risk management entities to make timely decisions regarding the preparation of civil protection forces, transferring educational institutions to online learning or remote work, and preparing medical facilities to receive casualties. The methodology can be scaled to other regions of Ukraine to create evidence-based response plans for wartime threats.

Keywords: emergency forecasting, martial law, air raid, risk, event flow, Poisson distribution, Event Tree Analysis (ETA).

Andrii Khyzhniak – Head, PhD, Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Poltava Oblast (26/1 Reshetylivska St., 36007, Poltava, Ukraine).

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-174513-0432>

E-mail: poltava@dsns.gov.ua

Sergey Firsov – Acting Head of the Educational and Methodological Center for Civil Protection and Life Safety of the Poltava Region (26/1 Reshetylivska St., 36007, Poltava, Ukraine).

E-mail: nmc.poltava@dsns.gov.ua

Olha Chencheva – Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Associate Professor of the Department of Civil Security, Labor Protection, Geodesy and Land Management; Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University; (Pershotravneva st., 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine).

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5691-7884>

E-mail: chenchevaolga@gmail.com

Serhii Dykan – PhD in Technical Sciences Associate Professor, Lecturer, Educational and Methodological Center for Civil Protection and Life Safety of Poltava Region, (26/1 Reshetylivska St., 36007, Poltava, Ukraine).

E-mail: sdikan@ukr.net