

*Г.В. Іванець, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
І.О. Толкунов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
Є.І. Стецюк, викладач, НУЦЗУ*

## **МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ УЗАГАЛЬНЕНИХ ПАРАМЕТРІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ**

(представлено д-ром техн. наук Тарасенком О.А.)

У статті розглянуто модель процесу зміни узагальнених параметрів надзвичайних ситуацій природного характеру з врахуванням дії всіх дестабілізуючих факторів, а також запропоновано алгоритм прогнозу їх на основі систематичної, періодичної та випадкової складових.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, узагальнений параметр, систематична складова, періодична складова, випадкова складова, метод попарного врахування аргументів.

**Постановка проблеми.** Сучасний період розвитку суспільства характеризується все більшими протиріччями між людиною і навколишнім природним середовищем. Вони приводять до виникнення стихійних лих, катастроф і надзвичайних ситуацій (НС), наслідки яких можуть бути жахливими.

До НС природного характеру відносять геологічні НС, метеорологічні НС, гідрологічні морські НС, гідрологічні прісноводні НС, пожежі в природних екологічних системах, інфекційні захворювання людей, масове отруєння людей, інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин, масові отруєння сільськогосподарських тварин, масова загибель диких тварин, ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За статистикою в Україні за 1997-2013 роки виникло 6012 НС, з них 2215 НС, спричинених природними чинниками [2].

В теперішній час для успішної роботи щодо подолання чи запобігання наслідків НС необхідно передбачити можливий майбутній перебіг тих чи інших негативних процесів, запропонувати інструменти і способи зміни ситуації в бажаному напрямку. Одним із основних завдань є моделювання розвитку можливих негативних процесів і явищ при створенні тих чи інших умов. В умовах часткової невизначеності зв'язків між досліджуваними параметрами протікання негативних процесів і факторами, які впливають на них, виникає проблема вибору структури моделі, яка б якомога точніше описувала і пояснювала процеси на основі статистичних даних, і подальший її аналіз з метою прогнозу можливості виникнення НС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що ця проблему розглядалася доволі широко, особливо що стосується прогнозу виникнення пожеж в екосистемах, наприклад [3]. Однак недостатньо досліджена можливість прогнозу узагальнених параметрів процесу зміни НС природного характеру із врахуванням тенденцій їх періодичних змін.

**Постанова завдання та його вирішення.** Надзвичайна ситуація (НС) – обстановка на окремій території чи суб’єкті господарювання на ній або водному об’єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров’ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об’єкті, провадження на ній господарської діяльності [1].

Залежно від причин походження подій, що можуть зумовити виникнення НС на території України, визначаються такі види надзвичайних ситуацій: техногенного характеру, природного характеру, соціальні та воєнні рис 1. Процентне співвідношення НС по видам за 2007 – 2012 роки представлено на рис 1 ( 1 – НС техногенного характеру, 2 – НС воєнного характеру, 3 – НС природного характеру, 4 – НС соціального характеру) [2].

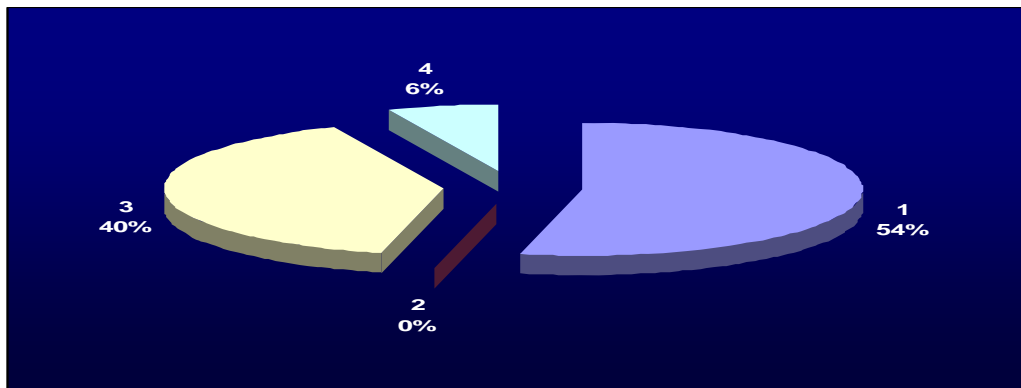


Рис. 1. Процентне співвідношення НС по видам за 2007 – 2012 роки

Аналіз діаграми показує, що більше 40% всіх НС складають НС природного характеру.

Серед НС природного характеру найбільшу небезпеку становлять пожежі в природних екосистемах, НС метеорологічного та медико біологічного характеру, процеси підтоплення, зсувні та карстові процеси, просідання лесових ґрунтів та комплексні гідрометеорологічні явища.

Виникнення НС природного характеру значною мірою залежить від перебігу погодних умов, які на території України мають значну мі-

нливисть. Контрастні погодні умови року, особливо зимово-весняного періоду (сильні снігопади, налипання мокрого снігу, хуртовини, снігові замети, сильні зливові дощі), нерідко призводять як до ускладнень в життєдіяльності населення, так і до виникнення НС гідрометеорологічного характеру. Найбільш характерними чинниками виникнення природних НС в Україні є стихійні явища метеорологічного, гідрологічного, геологічного, біологічного характеру, а саме: стихійні гідрометеорологічні явища, для яких характерна підвищена повторюваність, та небезпечні геологічні процеси; активізація зсувних процесів; розвиток провальних форм карсту; підтоплення; незбалансована та безсистемна господарська діяльність, отруєння та інфекційні захворювання людей і тварин. Причинами виникнення пожеж є збереження протягом тривалого періоду високих температур повітря при відсутності опадів. Пожежонебезпечний період триває протягом квітня-жовтня, а найбільша кількість пожеж фіксується у липні-серпні.

В якості узагальненого параметру процесу виникнення НС природного характеру будемо розглядати кількість НС природного характеру за деякий проміжок часу. Із врахуванням дії всіх дестабілізуючих факторів процес зміни узагальненого параметру доцільно представити у вигляді адитивної суми систематичної складової, яка характеризує незворотні процеси дрейфу параметрів, періодичної і випадкової складової:

$$N_{\text{НСПХ}} = C_{\text{НСПХ}} + P_{\text{НСПХ}} + B_{\text{НСПХ}}, \quad (1)$$

де  $N_{\text{НСПХ}}$  – кількість НС природного характеру за деякий проміжок часу (узагальнений параметр);  $C_{\text{НСПХ}}$  – систематична складова процесу зміни узагальненого параметру НС природного характеру;  $P_{\text{НСПХ}}$  – періодична складова процесу зміни узагальненого параметру НС природного характеру;  $B_{\text{НСПХ}}$  – випадкова складова процесу зміни узагальненого параметру НС природного характеру.

Така модель дозволить найбільш повно врахувати вплив всіх дестабілізуючих факторів на процес зміни узагальненого параметру НС природного характеру. Оцінка всіх трьох складових процесу зміни узагальненого параметру НС природного характеру дозволить не тільки здійснити прогнозування по кожній із них, але і глибше проаналізувати причини виникнення НС природного характеру.

Кількість НС природного характеру  $N_{\text{НСПХ}}$  за деякий проміжок часу уявляє нестационарний випадковий процес, який можна представити у вигляді суми систематичної (не випадкової)  $C_{\text{НСПХ}}$ , періодичної (не випадкової)  $P_{\text{НСПХ}}$  та випадкової  $B_{\text{НСПХ}}$  складових. Систематичну складову  $C_{\text{НСПХ}}$  будемо шукати у вигляді поліному ступеню  $k$  [4]

$$C_{\text{НСПХ}} = r_0 + r_1 t + r_2 t^2 + \dots + r_k t^k. \quad (2)$$

Ступінь поліному вибирається таким чином, щоб кількість заданих точок була в п'ять разів вище ступеня полінома. Коефіцієнти полінома можна знайти методом найменших квадратів (МНК) [5, 6]

$$\bar{R} = (T^T \cdot T)^{-1} \cdot T^T \cdot \overline{N_{\text{НСПХ}}}, \quad (3)$$

де  $\bar{R} = (r_0, r_1, r_2, \dots, r_k)^T$  – вектор коефіцієнтів поліному розмірністю  $(k \times 1)$ ;  $\overline{N_{\text{НСПХ}}} = (N_{1\text{НСПХ}}, N_{2\text{НСПХ}}, \dots, N_{n\text{НСПХ}})^T$  – вектор вимірних значень кількості НС природного характеру розмірністю  $(n \times 1)$ ;

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 2^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & n & \dots & n^k \end{bmatrix} \text{ – матриця розмірності } (n \times k).$$

Систематичну складову можна записати у вигляді

$$\overline{C_{\text{НСПХ}}} = T \cdot \bar{R}. \quad (4)$$

Позначимо через  $\bar{Y} = \overline{N_{\text{НСПХ}}} - \overline{C_{\text{НСПХ}}} = \overline{\Pi_{\text{НСПХ}}} + \overline{B_{\text{НСПХ}}}$  випадковий процес, що містить суму періодичної та випадкової складових. Періодична функція  $\overline{\Pi_{\text{НСПХ}}}$  цілком визначається частотою  $w$  і значеннями коефіцієнтів ряду Фур'є [7]

$$\overline{\Pi_{\text{НСПХ}}}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cdot \cos(kwt) + B_k \cdot \sin(kwt)). \quad (5)$$

Приховану періодичність  $\overline{\Pi_{\text{НСПХ}}}$  буде знайдено, якщо визначені параметри  $w$ ,  $A_k$  і  $B_k$ .

Для виділення періодичних складових можна використовувати і різні перетворення вихідних функцій  $Y(t)$ , які посилюють роль періодичної компоненти в перетвореному процесі [7]. Усі подібні селекційні або сфокусовані перетворення можна поділити на два класи: лінійні перетворення і нелінійні перетворення. Застосування таких перетворень дає можливість виділити періодичну складову будь-якої частоти із заданого діапазону.

Слід відзначити, що вихідна функція може містити декілька періодичних складових. Кожну з виявлених періодичних складових можна екстрапольовати на довільний час випередження  $\Delta t$ . У випереджений час  $t + \Delta t$ , беручи суму екстрапольованих періодичних складових, дістаємо передбачене значення періодичної частини процесу.

Позначимо через  $\overline{V}_{\text{НСПХ}} = \overline{Y} - \overline{\Pi}_{\text{НСПХ}}$  випадкову складову процесу зміни узагальненого параметру НС і будемо розглядати її як стаціонарний випадковий процес з математичним очікуванням рівним нулю. В такому випадку для прогнозу випадкової складової можна використати метод групового врахування аргументів (МГВА), зокрема метод попарного врахування аргументів (МПВА) [4]. МПВА полягає в рекурентному вирішенні кількох систем нормальних рівнянь, складених для кожної пари аргументів і для нових допоміжних змінних. Наприклад, при наявності чотирьох аргументів можна користуватися не одним, а трьома майже однотипними поліномами

$$\begin{aligned} V_1 &= r_{01} + r_{11}x_1 + r_{21}x_2 + r_{31}x_1^2 + r_{41}x_2^2 + r_{51}x_1x_2; \\ V_2 &= r_{02} + r_{12}x_3 + r_{22}x_4 + r_{32}x_3^2 + r_{42}x_4^2 + r_{52}x_3x_4; \\ V &= r_0 + r_1V_1 + r_2V_2 + r_3V_1^2 + r_4V_2^2 + r_5V_1V_2. \end{aligned}$$

При обчисленні коефіцієнтів покладаємо  $V_1 = V$  і  $V_2 = V$ , а потім, знаючи коефіцієнти, знаходимо  $V_1$  і  $V_2$  як функції часу і використовуємо їх у результуючому третьому поліномі. Це дасть можливість різко підвищити точність з одночасним зменшенням об'єму обчислень.

Можливість оцінки і прогнозування складових випадкового процесу зміни узагальненого параметру зміни НС природного характеру дозволить збільшити точність прогнозу, а значить підвищити ефективність проведення заходів щодо їх запобігання або ліквідації можливих наслідків.

Алгоритм прогнозу узагальненого параметру процесу зміни НС природного характеру приведено на рис. 2.

До блоку вхідних даних надходять дані про значення узагальненого параметру за деякий проміжок часу  $\overline{N}_{\text{НСПХ}}$  і відповідні значення дестабілізуючих факторів  $\overline{x}_i$ . На основі цих даних в блоці оцінки і прогнозу систематичної складової (тренду) здійснюється прогноз систематичної складової на деякий час випередження, прогноз періодичної складової здійснюється відповідно в блоці оцінки і прогнозу періодичної складової, а випадкової складової – в блоці оцінки і прогнозу випадкової складової.



**Рис. 2.** Алгоритм прогнозу узагальненого параметру процесу зміни НС природного характеру

В блоці прогнозу узагальненого параметру обчислюються прогнозні значення його на деякий час випередження як сума прогнозних значень систематичної, періодичної та випадкової складових.

**Висновки.** Із врахуванням дії всіх дестабілізуючих факторів процес зміни узагальнених параметрів НС природного характеру доцільно представити у вигляді адитивної суміші систематичної складової, яка характеризує незворотні процеси дрейфу параметрів, періодичної і випадкової складових. Оцінка всіх трьох складових процесу зміни НС природного характеру дозволить не тільки здійснити прогнозування по кожній із них, але й глибше проаналізувати причини виникнення НС природного характеру.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. – Київ, 2004. – 438 с.
2. Національні доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні за 2007 – 2013 роки.

3. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними /А.М. Гришин. – М.: Наука, 1992.
4. Ивахненко А.Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов / Ивахненко А.Г., Лапа В.Г. – Киев: Наукова думка, 1977.
5. Джонсон Дж. Эконометрические методы. – М.: Статистика, 1980. – 444 с.
6. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла; пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
7. Серебренников М.Г. Выявление скрытых периодичностей / Серебренников М.Г., Первозванский А.А. // М.: Наука, 1965.

Г.В. Иванец, И.А. Толкунов, Е.И. Стецюк

**Модель процесса изменения обобщенных параметров чрезвычайных ситуаций природного характера**

В статье рассмотрена модель процесса изменения обобщенных параметров чрезвычайных ситуаций природного характера с учетом действия всех дестабилизирующих факторов, а также предложен алгоритм прогноза их на основе систематической, периодической и случайной составляющих.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, обобщенный параметр, систематическая составляющая, периодическая составляющая, случайная составляющая, метод попарного учета аргументов.

G.V. Ivanets, I.A. Tolkunov, E.I. Stetsyuk

**The process model parameters change generalized natural emergencies**

The article considers the model of change of generalized parameters of natural emergencies, taking into account the actions of all destabilizing factors, as well as an algorithm of the forecast on the basis of a systematic, periodic and random components.

**Keywords:** emergency, generalized parameter, the system-matic component periodic component, the random component-schaya, pairwise method of accounting arguments.