

*С.Е. Важинський, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
А.М. Чернуха, ст. викладач, НУЦЗУ,  
І.А. Чуб, д.т.н., професор., нач. каф., НУЦЗУ*

## **ПОБУДОВА ПРОГНОЗУ ДИНАМІКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Викладено методику прогнозування динаміки надзвичайних ситуацій в інженерних комунікаціях мегаполісу з використанням для обробки статистичних рядів методу вирівнювання по аналітичним формулам. За вихідний статистичний ряд бралися відомості про аварії в інженерних комунікаціях м. Харкова за період з 2009 по 2013 роки.

**Ключові слова:** прогнозування, динаміка надзвичайних ситуацій, обробки статистичних рядів.

**Постановка проблеми.** Розв'язання проблеми збереження стійкості регіональної соціально-економічної системи при наявності загроз техногенних аварій залежить від багатьох факторів, серед яких своєчасність і якість перспективного планування. Успішне здійснення перспективного планування розвитку інженерної інфраструктури міст та регіонів України нерозривно пов'язане з прогнозуванням динаміки надзвичайних ситуацій (НС) в інженерних комунікаціях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки з'явилася низка публікацій з даної тематики. В роботі [1] задача забезпечення стійкості регіональної соціально-економічної системи в умовах підвищеної ймовірності реалізації загроз техногенних аварій і катастроф розглянута у зв'язку з соціальним, економічним і технологічним аспектами. У статті [2] концепція стійкості соціально-економічної системи регіону включає визначення рівня ефективності його системи техногенної безпеки. Робота [3] присвячена моделюванню і прогнозуванню наслідків надзвичайних ситуацій, викликаних відмовами обладнання, з оцінкою ступеня ризику як мультиплікативного показника, що враховує ймовірність аварії і величину можливого збитку. У статті [4] ставиться і вирішується завдання побудови прогнозу динаміки пожеж на різних об'єктах. Однак, незважаючи на очевидну практичну потребу, роботи, присвячені аналізу і прогнозування динаміки техногенних аварій міської інфраструктури, практично відсутні.

**Постановка завдання та його вирішення.** Відповідно до вищесказаного, метою статті є побудова прогнозу динаміки НС в інженерних комунікаціях мегаполісу.

Завдання прогнозування (перспективної екстраполяції) зводиться до знаходження невідомих даних за межами статистичного ряду. Під

статистичним рядом розуміються числові значення певного статистичного показника в послідовні моменти часу. При цьому вважається, що закономірність зміни, яка виявлена для певного періоду часу, збережеться на деякому відрізку часу в майбутньому.

Як показники будемо використовувати кількість НС, зареєстрованих у м. Харкові на різних об'єктах міської інфраструктури за сім років з 2007 по 2013 р.р. (табл. 1), дані про яких взяті з офіційних джерел [5, 6]. Після проведення прогнозування можна буде порівняти результати з уже відомою кількістю НС, що сталися в 2014 р.

**Табл. 1. Кількість НС на різних об'єктах міської інфраструктури, зареєстрованих у м. Харкові за період з 2000 по 2013 р.р.**

	Магістральні водоводи	Системи водовідведення	Мережі електропостачання	Мережі газопостачання	Системи водоочищення	Хімічно небезпечні об'єкти
2007	56	1147	1947	211	95	37
2008	70	1365	1967	219	84	36
2009	76	1213	1847	222	83	37
2010	87	1094	1675	264	120	34
2011	61	1074	1598	189	114	35
2012	62	998	1560	124	93	32
2013	84	904	864	132	72	32

При аналізі ряду динаміки виявляється, що значення показників з часом змінюються, коливаються. Ці коливання можуть бути викликані випадковими причинами, впливом сезонності, дією певних визначальних чинників, що сприяють зміні показника. Тому динаміка ряду включає три основні компоненти:

- довготривалий систематичний рух (тенденція);
- короточасний систематичний рух;
- випадковий несистематичний рух.

З метою розділення цих трьох компонент і виявлення закономірності розвитку явищ в окремі проміжки часу ряди динаміки піддаються обробці. У даній роботі пропонується використовувати для обробки ряду метод вирівнювання по аналітичним формулам. У цьому методі на основі фактичних даних ряду підбирається найбільш підходяща для подання тенденції математична (апроксимуюча) формула, яка вважається моделлю розвитку і по якій розраховують вирівняні значення. Рівні ряду розглядаються як функція часу, і завдання вирівнювання зводиться до визначення виду функції, відшукування її параметрів за емпіричними даними і розрахунку теоретичних рівнів за знайденою формулою. Найпростішими формулами, виражають тенденцію розвитку, є:

- аналітична пряма виду  $\bar{y}_t = a_0 + a_1 t$ ;
- показова функція виду  $\bar{y}_t = a_0 a_1^t$ ,

де  $a_0$ ,  $a_1$  – визначувані параметри,  $\bar{y}_t$  – теоретичний рівень,  $t$  – час.

Для формули аналітичної прямої параметри визначаються за формулами

$$a_0 = \frac{\sum y}{n} \quad \text{та} \quad a_1 = \frac{\sum yt}{\sum t^2}, \quad (1)$$

де  $y$  – рівні емпіричного ряду;  $n$  – кількість рівнів ряду;  $t$  – порядковий номер періоду або моменту часу.

Для вирівнювання із застосуванням показової функції спочатку визначають логарифми параметрів за формулами

$$\text{lga}_0 = \frac{\sum \text{lgy}}{n} \quad \text{та} \quad \text{lga}_1 = \frac{\sum t \text{lgy}}{\sum t^2}. \quad (2)$$

Обчислення по цих формулах легко спростити, якщо вести відлік часу від середини ряду. При непарному числі рівнів середина точка ряду приймається за 0, тоді попередні періоди позначаються через  $-1$ ,  $-2$ ,  $-3$  тощо, а наступні – відповідно через  $+1$ ,  $+2$ ,  $+3$  і т.д. Перетворимо вихідний статистичний ряд (табл. 1) в зручний для обчислень (табл. 2).

**Табл. 2. Перетворений статистичний ряд**

	Показник 1	Показник 2	Показник 3	Показник 4	Показник 5	Показник 6
-3	56	1147	1947	211	95	37
-2	70	1365	1967	219	84	36
-1	76	1213	1847	222	83	37
0	87	1094	1675	264	120	34
+1	61	1074	1598	189	114	35
+2	62	998	1560	124	93	32
+3	84	904	864	132	72	32

Для екстраполяції достатньо обчислити параметри аналітичних формул і підставити в них значення  $t$ , що виходять за межі ряду. Підставляємо значення вихідних даних у формули (1) і (2) і визначаємо величини параметрів для аналітичної прямої і показової функції. Результати розрахунків наведено в табл. 3.

**Табл. 3. Результати розрахунку параметрів аналітичних формул**

	Аналітична пряма		Показова функція	
	$a_0$	$a_1$	$a_0$	$a_1$
Показник 1	69.6	-2.58	63.59	0.900
Показник 2	1062.1	-40.16	1049.56	0.961
Показник 3	1569.2	-146.73	1494.82	0.895
Показник 4	182.3	-15.27	172.74	0.902
Показник 5	90.2	-9.47	89.86	0.974
Показник 6	35.15	-7.22	35.99	0.979

Використовуючи результати розрахунків, визначимо прогнозовані величини всіх параметрів для періоду  $t = + 4$ , тобто зробимо прогноз кількості НС на різних об'єктах міської інфраструктури у м Харкові на 2014 р, статистичні дані за який вже відомі і опубліковані в офіційних джерелах. Таким чином, є можливість оцінити ефективність застосованих методів для реального прогнозування динаміки НС.

Результати прогнозу наведено в табл. 4.

**Табл. 4. Порівняння результатів прогнозу з реальними даними**

	Кількість НС в Харкові за 2014 р.	Аналітична пряма		Показова функція	
		Прогноз	Ошибка	Прогноз	Ошибка
Показник 1	91	83	-8.7%	92	+2.3%
Показник 2	1081	1161	+10.2%	1157	+10.1%
Показник 3	971	976	+8.4%	989.50	+11.4%
Показник 4	183	206	+27.7%	203.36	+24%
Показник 5	95	112	+23.8%	104.33	+19.5%
Показник 6	32	31.5	-1.8%	31.6	-1.5%

Порівняння реальних даних і даних, отриманих за допомогою математичних методів (табл. 4), дозволяє зробити наступні висновки.

**Висновки.** Вважається, що метод прогнозування можна застосовувати, якщо помилка не перевищує 15-20%. З цієї точки зору метод прогнозування вирівнюванням по аналітичним формулам дає прийнятні результати.

У загальному випадку для всіх шести показників метод апроксимації з використанням показової функції дає прогнозовані значення, ближчі до реальних.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Bruneau M. A ramework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities / M. Bruneau Chang S.E., Eguchi R.T. et al // Earth Spectra, 2006. – 19(4). – P. 737-738.
2. Попов В.М. Показатели эффективности региональной системы техногенной безопасности / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 2(20). – С. 32-41.
3. Попов В.М. Моделирование характеристик потока отказов основных производственных фондов объектов повышенной опасности / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2015. – № 21. – С. 64-70.
4. Чуб И.А. Прогнозирование динамики пожаров / И.А. Чуб, М.В. Новожилова, Е.Г. Соколовская // Проблемы пожарной безопасности. – 2001. – Вып. 10. – С. 205-207.

5. Паспорт ризику виникнення надзвичайних ситуацій Харківської області. – Харків, 2014. – 73 с.

6. Программа развития КП «Харьковводоканал» до 2026 года. – Харьков, 2013. – 115 с.

С.Е. Важинский, А.Н. Чернуха, И.А. Чуб

**Построение прогноза динамики чрезвычайных ситуаций городской инфраструктуры**

Изложена методика прогнозирования динамики чрезвычайных ситуаций в инженерных коммуникациях мегаполиса с использованием для обработки статистических рядов метода выравнивания по аналитическим формулам. За исходный статистический ряд брались сведения об авариях в инженерных коммуникациях г.Харькова за период с 2009 по 2013 годы.

**Ключевые слова:** прогнозирование, динамика чрезвычайных ситуаций, обработки статистических рядов.

S. Vazhynsky, A. Chernukha, I. Chub

**Construction of forecasting the dynamics of Emergency Urban Infrastructure**

The technique of forecasting of dynamics of emergency situations in engineering communications of the metropolis for the processing of statistical series alignment method in analytical formulas. For basic statistical information about the number of accidents were taken in Kharkov engineering services for the period from 2009 to 2013.

**Keywords:** forecasting the dynamics of emergency treatment of statistical series.