

*Білецький С.В., канд. техн. наук,  
нач. докторантури та ад'юнктури, НУЦЗУ,  
Кірючкін О.Ю., наук. співр., НУЦЗУ,  
Тютюнник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., НУЦЗУ,  
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ*

## **ОЦІНКА НЕБЕЗПЕКИ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РАМКАХ ПОНЯТИВНОГО АПАРАТУ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ**

(представлено д-ром техн. наук Туркіним І.Б.)

В роботі проведено поділ адміністративних районів міста за наявності в них об'єктів різних класів. Визначені найбільш поширені види небезпек. Проведено соціологічний та експертний аналіз можливого негативного впливу небезпек за запропонованим адміністративним поділом.

**Ключові слова:** оцінка небезпеки, міська інфраструктура, система безпеки, експертна оцінка

**Постановка проблеми.** Тенденції до зростання щільності населення, нестабільності промисловості, недосконалості економічної та політичної культури, що мають місце в Україні, невід'ємно пов'язані з підвищенням рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій різного характеру від об'єктового до глобального рівнів [1 – 5].

Сучасні міста, як елементи державної системи управління, є складними та розгалуженими системами управління з територіально-часовим імовірнісним розподілом технічно-технологічних, соціально-політичних та економічних параметрів [6, 7], що призводить до концентрації на їх території надзвичайних ситуацій (НС) [8].

Одним із шляхів підвищення ефективності безпеки в містах є необхідність створення дієвої системи моніторингу та прогнозування можливих аварій та надзвичайних ситуацій, попередньої оцінки їх потенційного впливу на систему міського життєзабезпечення, що в свою чергу вимагає визначення базових індивідуальних рівнів можливих небезпек, як основи для подальшої побудови карт безпеки та розробки рекомендацій з вдосконалення системи цивільного захисту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням безпеки території України [9, 10], окремих типів об'єктів [11, 12] або окремих їх рівнів [13] приділено досить багато уваги в науковій літературі. Це розробка математичних моделей, що досить повно описують процеси виникнення окремих НС [14], моделей з їх ліквідації [15], тощо. Це удосконалення системи з прийняття управлінських рішень [16], розробка практичних рекомендацій з технічних [17], психологічних [18], організаційних [19] аспектів функціонування окремих систем безпеки, сил та засобів локалізації та ліквідації НС.

В той же час, недостатня ефективність останніх спонукає до перегляду базових принципів їх побудови, а саме вузької корпоративності у розгляді проблеми безпеки у рамках чітко визначених підходів та методів сфери застосування (технічні, психологічні, організаційні, управлінські та інші аспекти).

Суттєвим зрушенням в цій сфері є формування інтегральної системи безпеки [10, 20], що базується на цілому ряді принципів [21] та використанні розгалуженого математичного апарату експертного аналізу для отримання даних в умовах відсутності достатньої кількості статистичної інформації необхідної для проведення дієвого прогнозування динаміки виникнення небезпек різної природи.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є формування базового індивідуального рівня очікування впливу небезпек різної природи відповідно до наявності типових груп об'єктів в адміністративних одиницях міста.

Для вирішення поставленої задачі нами було проведено розподіл території міста за наявності («скупчення») типових груп об'єктів (таблиця 1). Слід зазначити, що в межах адміністративного району може знаходитися декілька різних типів «скупчень» об'єктів та відповідно адміністративні межі не співпадати з межами «скупчень». Також з урахуванням статистичної інформації [1-6] проведено узагальнення основних можливих небезпек міста та сформовано експертну анкету.

Для визначення фактору інформаційного тиску на оцінку експертів було проведено попереднє соціологічне опитування за пропонованою схемою в інтервалі 10 бальної шкали двох вибірок студентів (табл. 1) з визначенням базового рівня схильності інформаційного тиску.

Таблиця 1 – Визначення базового рівня схильності інформаційного тиску

| Основні типи районів міста                        |                  | Узагальнені небезпеки |               |              |               |                   |               |         |                     |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|---------------|---------|---------------------|------------------|
|                                                   |                  | Пожежі                |               | Вибухи газу  |               | Екологічні аварії |               | ДТП     | Кримінальні злочини | Терористичні дії |
|                                                   |                  | соц. фактори          | техн. фактори | соц. фактори | техн. фактори | соц. фактори      | техн. фактори |         |                     |                  |
| Скупчення з перевагою в промислових будівлях      | 18 опитано       | 4,28                  | 4,94          | 3,47         | 4,56          | 3,88              | 5             | 4,18    | 4,19                | 1,5              |
|                                                   | 37 опитано       | 4,46                  | 4,62          | 3,17         | 4,06          | 3,69              | 4,58          | 4,88    | 4,76                | 1,67             |
|                                                   | Базовий показник | 4 ± 0,5               | 5 ± 0,5       | 3 ± 0,5      | 4 ± 0,5       | 3 ± 0,5           | 5 ± 0,5       | 5 ± 0,5 | 4,5 ± 0,5           | 1 ± 0,5          |
| Скупчення з перевагою в житлових будівлях         | 18 опитано       | 4,94                  | 3,89          | 4,38         | 3,65          | 4,08              | 3,14          | 4,94    | 4,94                | 1,38             |
|                                                   | 37 опитано       | 5,36                  | 4,19          | 4,11         | 3,41          | 3,87              | 3,13          | 5,22    | 5,06                | 2,29             |
|                                                   | Базовий показник | 5 ± 0,5               | 4 ± 0,5       | 4 ± 0,5      | 3 ± 0,5       | 3 ± 0,5           | 3 ± 0,5       | 5 ± 0,5 | 5 ± 0,5             | 1 ± 0,5          |
| Скупчення з перевагою в адміністративних будівлях | 18 опитано       | 3,29                  | 3,44          | 2,86         | 2,93          | 2,36              | 2,6           | 3,44    | 3,13                | 2,33             |
|                                                   | 37 опитано       | 3,36                  | 3,11          | 2,7          | 2,85          | 2,27              | 2,59          | 4,09    | 3,63                | 2,31             |
|                                                   | Базовий показник | 3 ± 0,5               | 3 ± 0,5       | 2 ± 0,5      | 2 ± 0,5       | 2 ± 0,5           | 2 ± 0,5       | 3 ± 0,5 | 3 ± 0,5             | 1 ± 0,5          |

Аналіз отриманих результатів свідчить про подальшу недоцільність збільшення кількості вибірок та подальше наближення результатів зі зростанням числа анкетуємих до базового показника з урахуванням похибки шкали.

Наступним кроком було формування групи експертів за всіма напрямками оцінки небезпек. Максимальна чисельність експертної групи встановлюється за наступною нерівністю

$$n_{\max} \leq \frac{3 \sum K_i}{2K_{\max}},$$

де  $K_i$  – компетентність  $i$ -го експерту;  $K_{\max}$  – максимально можлива компетентність згідно шкали компетентності (табл. 2).

Визначення мінімальної чисельності експертної групи встановлюється при умовах стабілізації середньої оцінки прогнозуємої характеристики, яка формується наступним чином: включення або виключення експерту з групи має незначний вплив на середню оцінку прогнозуємої величини

$$\frac{B - B'}{B_{\max}} < \varepsilon,$$

де  $B$  – середня оцінка прогнозуємої величини, яка дана експертною групою;  $B'$  – експертна оцінка, яка дана групою, з якої виключено (або включено) одного експерту;  $B_{\max}$  – максимально можлива оцінка прогнозуємої величини у рамках прийнятої шкали оцінок;  $\varepsilon$  – величина зміни середньої похибки при включенні або виключенні експерту.

**Таблиця 2 – Шкала компетентності експерту в залежності від стажу його роботи у сфері „безпека”**

| Стаж роботи експерту у сфері „безпека”, рік | Компетентність експерту |
|---------------------------------------------|-------------------------|
| $G \geq 30$                                 | $K = 10$                |
| $20 \leq G < 30$                            | $K = 7.5$               |
| $10 \leq G < 20$                            | $K = 5$                 |
| $G < 10$                                    | $K = 2.5$               |

Мінімальна чисельність експертів в залежності від величини  $\varepsilon$  визначається наступним чином

$$n_{\min} = 0.5 \left( \frac{3}{\varepsilon} + 5 \right).$$

Середнє значення прогнозуємої величини визначається як

$$B = \sum_{i=1}^n B_i / n,$$

де  $B_i$  – значення величини, що дано  $i$ -им експертом;  $n$  – число експертів в групі.

Дисперсія визначається як

$$D = \left[ \sum_{i=1}^n (B_i - B)^2 / (n - 1) \right],$$

$$j = t \sqrt{\frac{D}{n-1}},$$

де  $t$  – критерій Стюдента для заданого рівня довірчої ймовірності та числа ступенів свободи  $k = (n - 2)$ .

Довірча межа для значення прогнозуємої величини має вигляд  $A = B \pm j$ .

Результати експертної оцінки ( $n = 28$ ) представлено у табл. 3.

**Таблиця 3 – Експертні оцінки впливу небезпек на „скупчення” міської інфраструктури**

| Основні типи районів міста                        |                  | Узагальнені небезпеки |               |              |               |                   |               |               |                     |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------------|------------------|
|                                                   |                  | Пожежі                |               | Вибухи газу  |               | Екологічні аварії |               | ДТП           | Кримінальні злочини | Терористичні дії |
|                                                   |                  | соц. фактори          | техн. фактори | соц. фактори | техн. фактори | соц. фактори      | техн. фактори |               |                     |                  |
| Скупчення з перевагою в промислових будівлях      | Експертна оцінка | 3,79                  | 5,38          | 3,54         | 5,25          | 3,39              | 4,96          | 2,96          | 3,21                | 2,3              |
|                                                   | Базовий показник | $3,5 \pm 0,5$         | $5 \pm 0,5$   | $3 \pm 0,5$  | $4 \pm 0,5$   | $2 \pm 0,5$       | $5 \pm 0,5$   | $2 \pm 0,5$   | $3 \pm 0,5$         | $1 \pm 0,5$      |
| Скупчення з перевагою в житлових будівлях         | Експертна оцінка | 6,46                  | 3,96          | 5,3          | 3,8           | 3,88              | 3,32          | 4,07          | 4,43                | 1,88             |
|                                                   | Базовий показник | $6,5 \pm 0,5$         | $3,5 \pm 0,5$ | $5 \pm 0,5$  | $4 \pm 0,5$   | $2,8 \pm 0,5$     | $2 \pm 0,5$   | $4,5 \pm 0,5$ | $4,5 \pm 0,5$       | $1 \pm 0,5$      |
| Скупчення з перевагою в адміністративних будівлях | Експертна оцінка | 3,46                  | 4,11          | 2,39         | 3,56          | 2,31              | 2,92          | 2,63          | 2,81                | 2,38             |
|                                                   | Базовий показник | $3 \pm 0,5$           | $4 \pm 0,5$   | $2 \pm 0,5$  | $3 \pm 0,5$   | $2 \pm 0,5$       | $2 \pm 0,5$   | $2 \pm 0,5$   | $2 \pm 0,5$         | $1 \pm 0,5$      |

**Висновки.** Аналіз отриманих результатів довів можливість використовувати для попередньої оцінки небезпеки «скупчень» міської інфраструктури соціологічних досліджень з урахуванням схильності інформаційного тиску, та проведення досліджень за умов стабільності системи безпеки (виключення для дослідження періодів виникнення резонансних аварій та надзвичайних ситуацій на системах міської інфраструктури). Результати експертів використовувати для уточнення отриманих загальних соціологічних результатів. В разі відсутності необхідної кількості експертів з

відповідним рівнем компетентності застосовувати соціологічні оцінки з урахуванням коефіцієнту некомпетентності та інформаційного тиску. В подальшому необхідно провести більш детальну оцінку впливу небезпек в рамках кожного «скупчення» та провести експертну оцінку ефективності елементів міської системи реагування на надзвичайні ситуації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2004.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2004.html)
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2006. – 375 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2005.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2005.html)
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2007. – 235 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2006.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2006.html)
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2008. – 230 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2007.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2007.html)
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2009. – 257 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2008.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html)
6. Арсеньев В.Г. От интеллектуальных домов – к интеллектуальным городам. Некоторые принципы построения охранных систем / В.Г. Арсеньев, А.Ю. Николаев // Противопожар. и аварийно-спасат. средства. – 2004. – № 3. – С. 34.
7. Стратегическое управление системами безопасности городов на основе информационных и компьютерных технологий / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, С.В. Алехин [и др.] // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2000. – вып. 2. – С. 102 – 109.

8. Якименко О. Великі проблеми великих міст / О. Якименко, Р. Климась // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 6 – 10.
9. Моніторинг надзвичайних ситуацій [Текст] / Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін та ін. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
10. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових 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.
11. Гражданкин А.И. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 12 – 20.
12. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України / О.Ю. Кірючкін, М.М. Мурін, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 6. – С. 62 – 73.
13. Столяренко А. Система управления дорожным движением / А. Столяренко // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 28 – 31.
14. Абрамов Ю.А. Взаимосвязь иницирующих и поражающих факторов чрезвычайных ситуаций природного характера на территории Украины / Ю.А. Абрамов, В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 5. – С. 8 – 17.
15. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени / Под общ. ред. С.А. Смирнова. – Звенигород: Изд. ГУ МО «СЦ «Звенигород», 2006. – 296 с.
16. Основи управління в органах і підрозділах МНС України [Текст] / О.В. Альбоцій, М.М. Кулешов, О.О. Калашніков та ін. – Харків, 2007. – 310 с.
17. Мотин Л.А. Автоматизированные и роботизированные комплексы для противопожарной защиты объектов / Л.А. Мотин, Г.В. Шахманский // Экол. системы и приборы. – 2001. – № 2. – С. 46 – 51.
18. Моляко В.А. Особенности проявления паники в условиях экологического бедствия (на примере Чернобыльской атомной катастрофы) / В.А. Моляко // Психологический журнал. – 1992. – № 2. – С. 66 – 74.

19. Фолеев, М.И. Предупреждение и ликвидация ЧС, обусловленных террористическими акциями, взрывами, пожарами [Текст]: методическое пособие / М.И. Фолеев. – М.: Изд. Ин-та риска и безопасн., 2001. – 400 с.
20. Формування інтегральної системи безпеки – запорука добробуту України / О.Ю. Кірючкін, О.А. Левтеров, В.В. Тютюник [та ін.] // F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2008. - № 6(36). – С. 60 – 63.
21. Підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій в містах України, як складова інтегральної системи безпеки / Кірючкін О.Ю., Левтеров О.А., Тютюник В.В. [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 8. – С. 81 – 91.

Белецкий С.В., Кирючкин А.Ю., Тютюник В.В., Шевченко Р.И.

**Оценка опасности городской инфраструктуры в рамках понятийного аппарата системы интегральной безопасности**

В работе проведено разделение административных районов города при наличии в них объектов разных классов. Определены наиболее распространенные виды опасностей. Проведен социологический и экспертный анализ возможного негативного влияния опасностей по предложенному административному разделению.

**Ключевые слова:** оценка опасности, городская инфраструктура, система безопасности, экспертная оценка

Biletskyi S.V., Kirochkin O.Yu., Tiutiunyk V.V., Shevchenko R.I.

**City infrastructure danger estimation within the framework of conceptual apparatus of integral safety system**

In the paper the division of administrative urban districts in the presence of objects of different classes is carried out. The most widespread dangers types are defined. The sociological and expert analysis of possible negative influence of dangers is carried out according to the suggested administrative division.

**Key words:** danger estimation, city infrastructure, safety system, expert estimation