

# Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 355.351

М.Г. Голубок

Національна академія Національної гвардії України, Харків

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ СТУПЕНЮ ЗАХИЩЕНОСТІ ЖИТТЄВО-ВАЖЛИВИХ ЦЕНТРІВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТУПЕНЮ БОЄЗДАТНОСТІ СИЛ ОХОРОНИ

*Пропонується математична модель оцінки ступеню захищеності життєво-важливих центрів атомних електричних станцій в залежності від ступеню боєздатності сил охорони. Розглядається порядок розрахунку шуканих показників.*

**Ключові слова:** життєво-важливі центри, сили охорони, захищеність, боєздатність.

### Вступ

**Постановка проблеми.** В сучасному світі тероризм є одним з найбільш небезпечних явищ. Реальністю сучасності є той факт, що тероризм та екстремізм загрожують безпеці більшості країн, викликають великі політичні, економічні та людські втрати. Масштаби, нелюдяність і жорстокість перетворюють тероризм в одну з самих гострих та злободенних проблем. Готовність терористів жертвувати своїм життям для досягнення своїх цілей створює новий вимір в боротьбі з тероризмом. В даний час провідні держави світу оцінюють ядерний тероризм як серйозну загрозу. Наслідками ядерного теракту стануть політичний і економічний хаос, а також масова психологічна травма. Джерело загрози, а саме, захоплення ядерного об'єкта терористами, є найбільш небезпечним. На жаль, існуючі агентства, угоди, клуби та інші міжнародні інститути не розраховані на ядерний тероризм і зовсім не ефективні для боротьби з ним. Вони розраховані на державу, тобто на стабільний політико-правовий інститут, який можна перевіряти через інспекції та до якого можна застосувати санкції і навіть військову силу у разі необхідності. Нажаль, на сучасному етапі в Україні, зріст соціально-політичного та економічного напруження, проведення антитерористичної операції на Сході держави можуть викликати й спроби захоплення ядерних об'єктів.

Диверсії проти таких об'єктів, як атомні електричні станції (далі – АЕС), є для терористів досить привабливим не тільки в силу тяжких наслідків, але й тому, що при цьому не вимагають особливої підготовки і оснащення. Головне завдання в цьому випадку полягає в проникненні терористів з вогнепальною зброєю та вибухівкою на територію АЕС.

Особливо небезпечними можуть бути такі диверсії у разі, якщо у терористів є співники з числа обслуговуючого персоналу.

Функції по протидії диверсіям на АЕС виконує підрозділ охорони, як основна складова системи охорони АЕС.

У разі здійснення диверсії, основною цілю зовнішнього правопорушника (далі – ПП) [1] буде являтися життєво-важливі центри (далі – ЖВЦ) АЕС.

Отже, перед командиром підрозділу охорони (військової частини) постає питання: яким чином забезпечити максимально можливого ступеню захищеності ЖВЦ АЕС?

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В [2] зазначено, що найбільш прийнятний підхід визначення ступеню захищеності об'єкту заснований на залежності рівня захищеності об'єкта від чисельності сил та засобів охорони.

В [3] за оцінку захищеності приймається показник, що характеризує ступінь оснащення об'єкта технічними засобами по відношенню до необхідної оснащення. Однак не розглядається структура об'єкта і не визначаються його вразливі місця.

У статті [4] аналіз рівня захищеності проводиться за допомогою логіко-імовірнісного методу. Захищеність визначається у вигляді числового значення ймовірності проникнення порушника на об'єкт. Вихідними даними при цьому є ймовірність вчинення порушником будь-яких протиправних дій, достовірність отримання яких також може викликати сумніви.

У статті [5] запропоновано метод, що дозволяє провести оцінку рівня захищеності об'єкта з використанням експертної інформації в нечіткій формі. Для прийняття рішень у нечітких умовах застосовується дедуктивна схема виведення з сис-

тем нечітких висловлювань, заснована на правило *modus ponens*.

**Мета статті** – розробити математичну модель оцінки ступеню захищеності життєво-важливих центрів атомних електричних станцій в залежності від ступеню боєздатності сил охорони.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо ситуацію, коли в момент часу  $t_4$ , показаного на часовій діаграмі просування ПП до ЖВЦ від периметру забороненої зони представле-

ного на рис. 1, коли зовнішній ПП подолав фізичні бар'єри 1-го та 2-го рубежів захисту (фізичні бар'єри периметру забороненої зони) та готовий до штурму останнього, 3-го рубежу захисту (вогневі позиції ТГВ) з метою проникнення до ЖВЦ АЕС.

До цього моменту системою ТЗО виданий тривожний протокол та цілевказівка силам охорони.

Отже, вогневе зіткнення незворотно, дії ПП по просуванню до ЖВЦ повинні бути перервані, а ПП затриманий або нейтралізований.

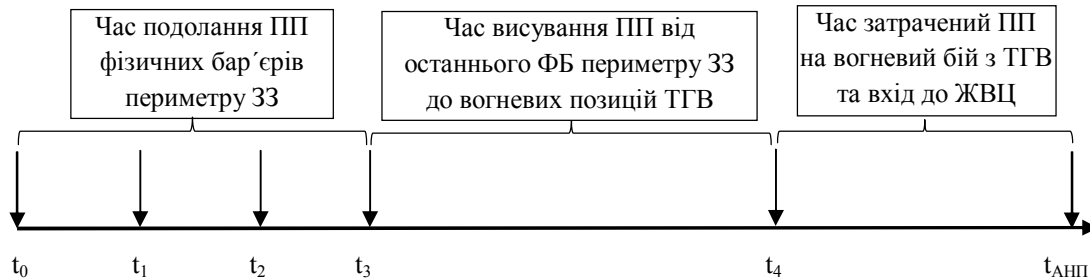


Рис. 1. Часова діаграма просування зовнішнього правопорушника до ЖВЦ АЕС

Мета подальшого дослідження полягає в оцінці можливості сил охорони відбити збройний напад, нейтралізувати ПП та забезпечити недоторканість ЖВЦ АЕС, що охороняється.

Відповідно, необхідно обрати такий метод та критерії, за якими можливо було б оцінити ступінь відбиття збройного нападу ПП та збереження недоторканості ЖВЦ АЕС залежно від боєздатності сил охорони.

З багатьох існуючих оберемо метод статистичного прогнозування, сутність якого складає аналітична залежність для оцінки захищеності АЕС, орієн-

туючись на параметр, що є ключовим. Для даної задачі таким параметром може бути рівень боєздатності сил охорони.

Розв'язання задачі, що розглядається, будемо за алгоритмом, запропонованим С.А. Соколовським [6].

Базову аналітичну залежність задачі отримуємо шляхом регресивного аналізу, використовуючи дані табл. 1, в якій розміщені можливі (віртуальні) залежності ступеню захищеності ЖВЦ, з урахуванням рівня боєздатності сил охорони, які визначені з експертного аналізу.

Таблиця 1

Залежність ступеню захищеності ЖВЦ від рівня боєздатності сил охорони

№ п/п	Ступінь захищеності ЖВЦ С, %	Рівень боєздатності сил охорони, %
1	95	100
2	80	90
3	70	80
4	60	70
5	50	60

Як було відмічено раніше, головним прогнозуючим параметром обрано рівень боєздатності сил охорони  $L$ , що дає можливість використати наступну аналітичну залежність

$$C = A * L^{\alpha}, \quad (1)$$

де  $C$  – ступінь захищеності ЖВЦ;

$L$  – рівень боєздатності сил охорони;

$\alpha$  – коефіцієнт регресії, який характеризує темп зростання ступеню захищеності ЖВЦ відповідно підвищенню боєготовності сил охорони;

$A$  – коефіцієнт пропорційності, що відображає стан інших засобів охорони АЕС.

Для подальшого розв'язання задачі прологарифмуємо вираз 1.

$$\lg C = \lg A + \alpha \lg L, \quad (2)$$

який має лінійні властивості, і тоді, для зручності вираз 2 замінимо лінійною залежністю

$$y_i = ax_i + b, \quad (3)$$

де  $y_i = \lg C_i$ ;  $x_i = \lg L_i$ .  $a = \alpha$ ;  $b = \lg A$ ;

$i = 1, \dots, n$  – кількість зв'язків  $C_i \rightarrow L_i$  визначених в табл. 1.

Коефіцієнти  $a$  та  $b$  можливо визначити звичайною процедурою з використанням методу найменших квадратів [7].

Поставимо вимогу, щоб сума квадратів відхилень табличних даних  $\sum_{i=1}^n E_i^2$  від аналітичних була мінімальною, тобто

$$\sum_{i=1}^n E_i^2 = G(a, b) = \sum_{i=1}^n [\bar{y}_i - (ax_i + b)]^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $\bar{y}_i$  – це табличне значення  $y(x_i)$ .

Необхідною умовою мінімуму функції двох змінних  $G(a, b)$  є рівність нулю її часткових похідних:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial a}\right)_b = 0 \quad \text{та} \quad \left(\frac{\partial G}{\partial b}\right)_a = 0. \quad (5)$$

Часткові похідні функції двох змінних (4) з урахуванням формули (5) будуть мати вигляд:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial G}{\partial a}\right)_b = (-2) \sum_{i=1}^n [\bar{y}_i - (ax_i + b)] x_i = 0; \\ \left(\frac{\partial G}{\partial b}\right)_a = (-2) \sum_{i=1}^n [\bar{y}_i - (ax_i + b)] = 0 \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n [\bar{y}_i - (ax_i + b)] x_i = 0; \\ \sum_{i=1}^n [\bar{y}_i - (ax_i + b)] = 0 \end{cases}$$

звідки отримуємо систему

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i \bar{y}_i; \\ a \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i. \end{cases} \quad (6)$$

Систему рівнянь (6) зручніше записати у вигляді:

$$\begin{cases} M_{xx} a + M_x b = M_{xy}; \\ M_x a + nb = M_y, \end{cases} \quad (7)$$

де

$$M_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2; \quad M_x = \sum_{i=1}^n x_i; \quad (8)$$

$$M_y = \sum_{i=1}^n \bar{y}_i; \quad M_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i \bar{y}_i.$$

Використовуючи дані табл. 1, вираз (4), результати розрахунків за формулами (8) зведені в табл. 2.

Згідно даним табл. 2 при  $n = 5$  система рівнянь (7) набуває вигляду:

$$\begin{cases} 18a + 9,48b = 17,51; \\ 9,48a + 5b = 9,21. \end{cases}$$

Таблиця 2

Зведена таблиця результатів розрахунків

№ з/п	$L_i, \%$	$x_i = \lg L_i$	$C_i, \%$	$\bar{y}_i = \lg C_i$	$M_y$	$M_{xy}$	$M_x$	$M_{xx}$
1	100	2,00	95	1,98	1,98	3,96	2,00	4,00
2	90	1,95	80	1,90	1,90	3,71	1,95	3,80
3	80	1,90	70	1,85	1,85	3,52	1,90	3,61
4	70	1,85	60	1,78	1,78	3,29	1,85	3,42
5	60	1,78	50	1,70	1,70	3,03	1,78	3,17
$\sum_{i=1}^5$					9,21	17,51	9,48	18,00

Коефіцієнти  $a$  та  $b$  визначаємо за методом Гауса. Оскільки визначальним є  $D \neq 0$

$$D = \begin{vmatrix} 18 & 9,48 \\ 9,48 & 5 \end{vmatrix} = 18 \cdot 5 - 9,48^2 = 0,13,$$

то система рівнянь 3.18 є сумісною і має одне рішення:

$$a = \frac{\begin{vmatrix} 18 & 9,48 \\ 9,21 & 5 \end{vmatrix}}{D} = \frac{17,51 \cdot 5 - 9,21 \cdot 9,48}{0,13} = 1,84;$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} 18 & 17,51 \\ 9,48 & 9,21 \end{vmatrix}}{D} = \frac{18 \cdot 9,21 - 9,48 \cdot 17,51}{0,13} = 1,62.$$

У відповідності з виразом (8)  $a = \alpha = 1,84$  та  $b = \lg A = -1,62 \rightarrow A = 0,024$ , тому формула (1) набуває вигляду:

$$c = 0,024 L^{1,84}. \quad (9)$$

На рис. 2 за формулою (9) графічно зображена функція  $C = f(L)$

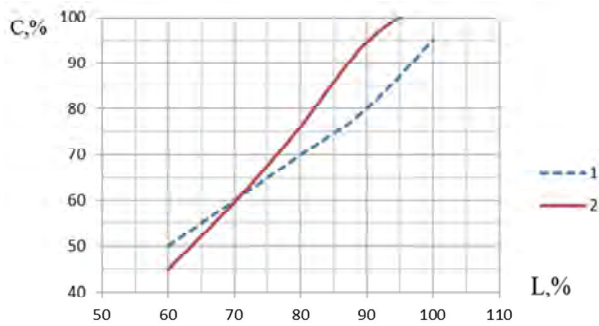


Рис. 2. Експертні (1) та аналітичні (2) залежності захищеності життєво-важливих центрів АЕС

## Висновки

Таким чином, математична модель, яка визначає залежність захищеності ЖВЦ АЕС від рівня боєздатності сил охорони, може бути застосована, з одного боку, для загальної оцінки ефективності затримки просування ПП елементами комплексу інженерно-технічних засобів протидії АНП (системою фізичних бар'єрів), з другого – для підвищення рівня захищеності останнього, 3-го рубежу, на якому розпочинається вогневе зіткнення протидіючих сторін.

Аналітична залежність (9) зручна для прогнозування подальших дій по підвищенню ступеня захищеності ЖВЦ:

– удосконалення комплексу інженерно-технічних засобів протидії АНП та його особливостей – збільшення коефіцієнта;

– застосування нової тактики дій по протидії АНП та застосування більш ефективного озброєння силами охорони – збільшення коефіцієнта регресії.

Згідно графічним даним показаним на рисунку 2 в області високих значень параметрів та має місце їх розбіжність, хоча й невелика (менше 10 %), що еквівалентно різниці квадратів відхилень експертних величин від аналітичних. Пояснюється це тим, що в моделі-функції (1) не враховані всі можливі параметри охорони. Але якщо в модель-функцію

ввести додаткові аргументи, наприклад, передчасне виявлення ПП до моменту його входу в зону виявлення ТЗО периметру забороненої зони тощо, тоді можлива оптимізація задачі, тобто визначення оптимальної системи охорони АЕС.

## Список літератури

1. Про затвердження Правил фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів (Правила, п.1.2) [Текст]. – Державний комітет ядерного регулювання України (наказ) 04.08.2006 N 116.
2. Євсєєв В.О. Підходи до розподілу обмежених ресурсів при організації охорони важливих державних об'єктів внутрішніми військами в особливий період [Текст] / В.О. Євсєєв, О.В. Лисенко // Системи озброєння та військова техніка. – Х.: ХУПС, 2013. – № 4 (36). – С. 136-138.
3. Радаєв Н.Н. Приближенные оценки защищенности объектов от террористических действий [Текст] / Н.Н. Радаєв // Безопасность. Достоверность. Информация. – 2007. – № 3 (72). – С. 28-32.
4. Панин О.А. Как измерить эффективность? Логико-вероятностное моделирование в задачах оценки систем физической защиты [Текст] / О.А. Панин // Безопасность. Достоверность. Информация. – 2008. – № 2 (77). – С. 20-24.
5. Боровский А.С. Метод оценки защищенности потенциально опасных объектов при проектировании систем физической защиты с использованием нечеткого логического вывода [Текст] / А.С. Боровский, А.Д. Тарасов // Вестн. комп. и информ. технологий. – 2012. – № 4 (94). – С. 47-53.
6. Соколовський С.А. Економічна оцінка витрат на експлуатацію автомобільних цистерн [Текст] / С.А. Соколовський // Збірник тез доповідей III науково-практичної конференції, секція 2 – АВВМВСУ. – Х., 2011.
7. Зельдович Я.Б. Элементы прикладной математики [Текст] / Я.Б. Зельдович, А.Д. Мышкис. – М.: Наука, 1965. – 615 с.

Надійшла до редколегії 10.06.2015

Рецензент: д-р військ. наук, проф. Г.А. Дробаха, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЖИЗНЕННО-ВАЖНЫХ ЦЕНТРОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ БОЕСПОСОБНОСТИ СИЛ ОХРАНЫ

М.Г. Голубок

Предлагается математическая модель оценки степени защищенности жизненно-важных центров атомных электрических станций в зависимости от степени боеспособности сил охраны. Рассматривается порядок расчета искомым показателей.

**Ключевые слова:** жизненно-важные центры, силы охраны, защищенность, боеспособность.

## A MATHEMATICAL MODEL TO ASSESS THE DEGREE OF PROTECTION OF THE VITAL CENTERS OF THE NUCLEAR POWER STATIONS DEPENDING ON THE DEGREE OF CAPABILITY OF PROTECTION

M.G. Golubock

It is proposed a mathematical model to assess the degree of protection of the vital centers of the nuclear power stations depending on the degree of capability of protection. Discusses the calculation of the required indicators.

**Keywords:** vital centers, force protection, survivability, combat capability.