

# Охорона правопорядку

УДК 355.535.1

М.Г. Голубок

Національна Академія Національної гвардії України, Харків

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОДОЛАННЯ ПРАВОПОРУШНИКОМ ФІЗИЧНИХ БАР'ЄРІВ ПЕРИМЕТРУ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ ОСОБЛИВО ВАЖЛИВИХ ОБ'ЄКТІВ

У статті наведена розроблена математична модель для визначення напрямку та часу подолання правопорушником фізичних бар'єрів периметру забороненої зони особливо важливих об'єктів, яка враховує структуру системи протидії зовнішньому вторгненню, а також підготовленість та оснащеність правопорушника та способи подолання фізичних бар'єрів.

**Ключові слова:** правопорушник, система протидії зовнішньому вторгненню, подолання, ймовірність, математична модель.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Природа процесів в області забезпечення охорони особливо важливих об'єктів, у тому числі атомних електричних станцій (АЕС), така, що ми маємо справу з випадковими подіями і величинами. Причому, передбачити результат конкретної події практично неможливо. Але, спостерігаючи ці події в масовій кількості, ми маємо можливість виявити певні закономірності. Збір і аналіз даних про дії правопорушників (ПП) і сил охорони (СО) дозволить виявити стійкі тенденції та удосконалити математичні моделі даних процесів.

Впровадження в практику органів управління інформаційних технологій створило умови для моделювання різноманітних варіантів дій ПП, оперативного виконання розрахунків і, як наслідок, дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення.

Таким чином, необхідно постійно удосконалити різноманітні математичні моделі правопорушника та детально моделювати всі етапи можливих протиправних дій (подолання системи протидії зовнішньому вторгненню (СПЗВ)) відносно особливо важливих об'єктів для підвищення ефективності їх охорони.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання побудови та модернізації СФЗ, а також оцінка її ефективності були розглянуті в [1, 6].

В [2, 3] систематично викладені загальні питання аналізу ризиків, а також управління (прийняття рішень та обґрунтування мір) ризиками для різних об'єктів. В [4] розглянуті деякі підходи до математичного опису та формалізації зовнішнього порушника в задачі оцінки ефективності СФЗ. Крім того, приведена модель ПП при використанні ним тактики скритного проникнення. Комплексний підхід до формування ймовірнісного рівняння безпеки об'єкта або суб'єкта транспортної інфраструктури повітряного транспорту на основі часових параметрів технічних засобів захисту описаний в [5].

Але детально не описаний в перелічених роботах етап подолання ПП фізичних бар'єрів з врахуванням його підготовленості та оснащеності, та можливих способів подолання СПЗВ.

**Метою статті** є розроблення математичної моделі подолання правопорушником фізичних бар'єрів периметру забороненої зони АЕС з врахуванням структури системи протидії зовнішньому вторгненню об'єкту, а також його підготовленості, оснащеності та способів подолання.

### Виклад основного матеріалу

Ймовірність захисту особливо важливих державних об'єктів визначається такими складовими як засоби виявлення, фізичні бар'єри і дії сил охорони:

$$P_3(V) = P(A) \cdot P(R/A) \cdot P(V/R), \quad (1)$$

де  $P(A)$  – ймовірність отримання силами охорони сигналу тривоги;  $P(R/A)$  – ймовірність розгортання сил охорони в точці перехоплення за умови прийому сигналу тривоги;  $P(V/R)$  – ймовірність нейтралізації порушників за умови своєчасного розгортання сил охорони.

Будемо розглядати тільки першу складову формули (1). Ймовірність отримання силами охорони сигналу тривоги  $P(A)$  є добутком ймовірності виявлення порушників технічними засобами СПЗВ  $P_{dt}(A)$ , яка залежна від числа кордонів охорони, кваліфікації порушника і його оснащеності, і ймовірності встановлення зв'язку системи виявлення з силами охорони  $P_{ct}(A)$ .

$$P(A) = P_{dt}(A) \cdot P_{ct}(A). \quad (2)$$

Ймовірність встановлення зв'язку  $P_{ct}(A)$  для кожної СПЗВ є паспортними даними. Таким чином, необхідно розрахувати ймовірність  $P_{dt}(A)$ .

Для розв'язання поставленої вище задачі модель правопорушника повинна описувати [4]: загальні характеристики, що визначають особливості зовнішнього ПП, тактику його дій; параметри, що описують можливості передбачуваного ПП по досягненню мети, його оснащення.

Як показують статистичні дані і досвід експертів, зовнішнього ПП можна поділити на три категорії, які будуть мати деякі відмітні властивості. Це наступні категорії:

1. Непідготовлений ПП – в даній політичній ситуації розгляд даної категорії стає досить актуальною;

2. Підготовлений ПП;

3. Кваліфікований ПП.

Ці категорії будуть характеризуватися такими властивостями, як вибір напрямку подолання фізичних бар'єрів СПЗВ АЕС, досвід подолання фізичних бар'єрів, вибір методів подолання, їх оснащення допоміжними засобами подолання та середній час подолання.

Розрахунок ймовірності напрямку подолання фізичних бар'єрів СПЗВ АЕС.

Непідготовлений ПП. Непідготовлений ПП буде обирати місце подолання виходячи з слабо контрольованих факторів СО (наприклад, рельєф, випадковий характер руху, наявність та інтенсивність руху в районі осіб та автотранспорту тощо). Тому для непідготовленого ПП цілком допустима гіпотеза про рівноімовірною виборі місця подолання на ділянці периметру забороненої зони (ЗЗ) обладнаний комплексом інженерно-технічних засобів (КІТЗ) СПЗВ АЕС.

Тоді, припустивши, що ділянка периметра ЗЗ АЕС з точки зору рельєфу однорідний і має загальну протяжність по фронту  $D$  км і він обладнаний технічними засобами виявлення (ЗВ), лінійна частина якого складається з  $n$  ділянок по  $l$  метрів кожен, отримаємо наступний вираз для ймовірності того, що непідготовлений ПП буде долати КІТЗ СПЗВ на  $k$ -ій ділянці периметру ЗЗ АЕС. Простір елементарних результатів – увесь відрізок  $\Omega = [0, D]$  км, а множина сприяючих результатів  $V = [(l_{k-1} + l_k)/1000]$  км. Тоді імовірність події, яка нас цікавить буде дорівнювати:

$$P_n(k) = \frac{(l_{k-1} + l_k)}{1000 \cdot D}. \quad (3)$$

Підготовлений і кваліфікований ПП. Обидві ці категорії ПП попередньо добре вивчають і аналізують розташування СО АЕС, підступи до об'єкта, маскувальні властивості рельєфу тощо. ПП буде обирати місце вторгнення головним чином виходячи з обліку місць розташування технічних засобів охорони (їх спроби подолання СПЗВ найбільш ймовірно на слабо контрольованих напрямках), рельєфу, розташування життєво важливих центрів АЕС (головна ціль) від місця вторгнення, розташування вартового приміщення тощо.

У цьому випадку, безліч сприятливих результатів зменшується шляхом виключення напрямків, де подолання фізичних бар'єрів неможливо ( $m$  – напрямків). З цих напрямків ймовірність вибору напрямків буде дорівнює  $P_n(k) = 0$ , де  $k$  – точки несприятливих напрямків  $k = 0, 1, \dots, m$ . Як наслідок, простір елементарних результатів зменшується та весь відрізок  $\Omega = [0, D - m \cdot l]$  км, а множина сприяючих результатів  $V = [(l_{k-1} + l_k)/1000]$  км. Тоді ймовірність події, що нас цікавить буде дорівнювати:

$$P_n(k) = \frac{(l_{k-1} + l_k)}{1000 \cdot (D - m \cdot l)}. \quad (4)$$

Розрахунок ймовірності видачі сигналу тривоги технічними засобами СПЗВ.

Для проведення розрахунків ймовірності подолання першого (другого) рубежу СПЗВ заданою кількома гіпотезами можливих дій ПП:

$H_1$  – подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом підкопу;

$H_2$  – подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом використання комунікацій, що перетинають її периметр;

$H_3$  – подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом пролому (підриву) основного огороження;

$H_4$  – подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом подолання з дотиком загороджувальної сітки фізичного бар'єру;

$H_5$  – подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ без торкання захисних споруд (по повітряю або з використанням спеціальних засобів та техніки).

Варто відзначити той факт, що в моделі у загальному випадку це може бути задано ймовірностями їх реалізації, причому

$$\sum_{i=1}^5 P(H_i) = 1. \quad (5)$$

Ймовірності характеризують можливі варіанти дій ПП щодо подолання фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ, що залежать від типу ПП. Ці ймовірності задаються з аналізу наявної статистики або проведення експертного опитування фахівців. В ході обробки статистичних даних щодо способів подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ і проведення експертного опитування фахівців обчислені ймовірності гіпотез в залежності від підготовленості ПП:

Для непідготовлений ПП ймовірності гіпотез складуться:

$P(H_1) = 0$  – ймовірність подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом підкопу;

$P(H_2) = 0$  – ймовірність подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом використання комунікацій, що перетинають її периметр;

$P(H_3) = 0,17$  – ймовірність подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ шляхом пролому або вибуху основного загородження;

$P(H_4) = 0,83$  – ймовірність подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ з дотиком загороджувальної сітки фізичного бар'єру;

$P(H_5) = 0$  – ймовірність подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ лінійної частини без її дотику (по повітряю або з використанням спеціальних засобів та техніки).

Для підготовленого ПП ймовірності гіпотез відповідно мають такі значення:

$$P(H_1) = 0,005; P(H_2) = 0,1; P(H_3) = 0,2;$$

$$P(H_4) = 0,625; P(H_5) = 0,07.$$

Для кваліфікованого ПП ймовірності гіпотез:

$$P(H_1) = 0,01; P(H_2) = 0; P(H_3) = 0,3;$$

$$P(H_4) = 0,6; P(H_5) = 0,09.$$

Із тактико-технічних характеристик технічних засобів виявлення КІТЗ СПЗВ відомі ймовірності видачі сигналу тривоги при певних гіпотезах:

$$P(A/H_1) = 0,98; P(A/H_2) = 0,98; P(A/H_3) = 0,98;$$

$$P(A/H_4) = 0,98; P(A/H_5) = 0.$$

Тоді ймовірність видачі сигналу тривоги при подоланні ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ обчислюємо за формулою [7]

$$P_{dt}(A) = P(H_1) \cdot P(A/H_1) + P(H_2) \cdot P(A/H_2) + P(H_3) \cdot P(A/H_3) + P(H_4) \cdot P(A/H_4) + P(H_5) \cdot P(A/H_5) \quad (6)$$

Для трьох типів ПП отримуємо наступні дані 0,98; 0,9114; 0,8918 відповідно.

Проведемо розрахунок ймовірності видачі сигналу тривоги при подоланні ПП двох рубежів охорони периметру ЗЗ АЕС. Типовий варіант обладнання периметру ЗЗ комплексом ІТЗ СПЗВ на АЕС наведена на рис. 1.

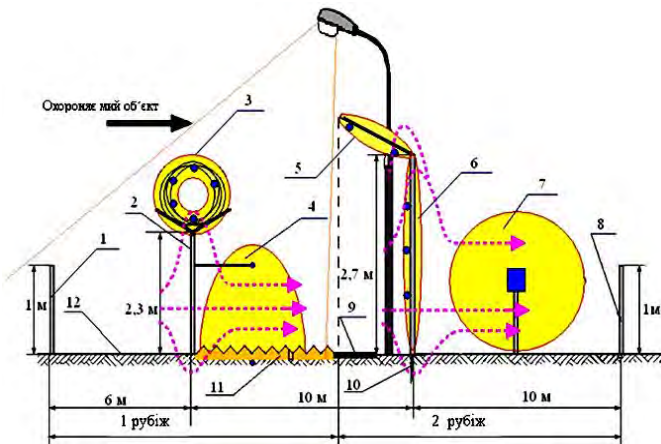


Рис. 1. Варіант обладнання периметру ЗЗ КІТЗ СПЗВ

Аналізуючи її структуру, апроксимативно, КІТЗ СПЗВ можна представити у вигляді двох основних рубежів охорони, на яких розміщені фізичні бар'єри та ЗВ, які розділені контрольно-слідовою смугою (КСС) шириною до 10 м. Модель КІТЗ СПЗВ наведена на рис. 2.

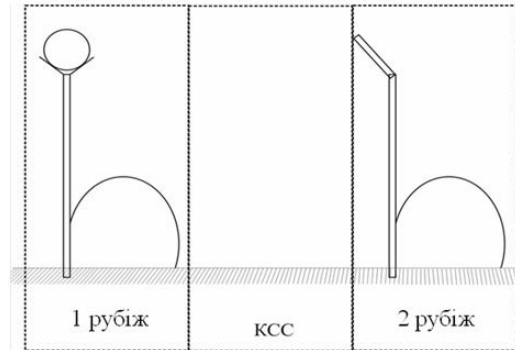


Рис. 2. Модель КІТЗ СПЗВ

Розрахуємо ймовірність видачі сигналу тривоги ЗВ при подоланні ПП 1 рубежу  $P_{dt1}(A)$  і 2 рубежу  $P_{dt2}(A)$  охорони за формулою 6.

Тоді ймовірність спрацювання технічних засобів виявлення СПЗВ можливо розрахувати

$$P_{dt}(A) = 1 - (1 - P_{dt1}(A)) \cdot (1 - P_{dt2}(A)) = P_{dt1}(A) + P_{dt2}(A) - P_{dt1}(A) \cdot P_{dt2}(A) \quad (7)$$

Ймовірність подолання всієї системи СПЗВ буде визначатися за формулою:

$$P_{под}(A) = P_{dt1}(A) \cdot P_{dt2}(A) \quad (8)$$

При проведенні розрахунків спрацювання технічних засобів виявлення СПЗВ, виходячи із моделі комплексу ІТЗ СПЗВ, формул 6 і 7, можливо зробити допущення, що  $P_{dt1}(A) = P_{dt2}(A)$ , тоді

$$P_{dt}(A) = 1 - (1 - P_{dt1}(A))^2 = 2P_{dt1}(A) - P_{dt1}^2(A) \quad (9)$$

Розрахунок середнього часу подолання двох рубежів КІТЗ СПЗВ.

При розрахунку середнього часу необхідного на подолання ПП фізичних бар'єрів КІТЗ СПЗВ необхідно враховувати той момент, що цей час слід відраховувати від моменту спрацювання тривожної сигналізації і надходження сигналу на пульт охорони.

Отже, необхідно враховувати ймовірність спрацювання сигналізації на двох рубежах. Тоді середній час подолання КІТЗ СПЗВ для даної моделі можна представити у вигляді

$$T_{сдт} = T_{српдт1} \cdot P_{dt1}(A) + T_{српксс} \cdot P_{dt1}(A) + T_{српдт2} \cdot (10)$$

Необхідно знайти середній час подолання першого та другого рубежів, та час подолання КСС. Виходячи з запропонованих раніше гіпотез можли-

вих дій ПП, можливо отримати наступні формули розрахунку:

$$T_{\text{српдт1}} = \frac{1}{2} \left( \left( P(H_1) \cdot T_{\text{српдт1}}^{p1} \right) + \left( P(H_2) \cdot T_{\text{српдт2}}^{p1} \right) + \left( P(H_3) \cdot T_{\text{српдт3}}^{p1} \right) + \left( P(H_4) \cdot T_{\text{српдт4}}^{p1} \right) + \left( P(H_5) \cdot T_{\text{српдт5}}^{p1} \right) \right); \quad (11)$$

$$T_{\text{српдт2}} = \frac{1}{2} \left( \left( P(H_1) \cdot T_{\text{српдт1}}^{p2} \right) + \left( P(H_2) \cdot T_{\text{српдт2}}^{p2} \right) + \left( P(H_3) \cdot T_{\text{српдт3}}^{p2} \right) + \left( P(H_4) \cdot T_{\text{српдт4}}^{p2} \right) + \left( P(H_5) \cdot T_{\text{српдт5}}^{p2} \right) \right). \quad (12)$$

Середній час подолання КСС залежить від відстані і швидкості переміщення ПП.

$$T_{\text{срксс}} = S_{\text{ксс}} / v_{\text{пп}}.$$

При розрахунку  $T_{\text{српдт1}}$  та  $T_{\text{српдт2}}$  і перший і другий доданок береться лише частково, так як датчики СПЗВ спрацюють безпосередньо під рубезем охорони.

Може бути отримана більш складна формула для розрахунку середнього часу подолання рубезів охорони, якщо враховувати оснащеність правопорушників. Наприклад, аналізуючи статистичні дані часу подолання порушниками шляхом подолання з дотиком загороджувальної сітки на стіні отримали різні дані в залежності від оснащеності. У цьому випадку складова  $\left( P(H_4) \cdot T_{\text{српдт4}}^{p1} \right)$  може бути знайдена за формулою:

$$P(H_4) \cdot T_{\text{српдт4}}^{p1} = \sum_{i=1}^n \left( P(H_4^i) \cdot T_{\text{српдт4}}^i \right),$$

де  $P(H_4^i)$  – ймовірність використання  $i$ -го комплекту допоміжного обладнання ПП при подоланні першого рубезу, а  $T_{\text{српдт4}}^i$  – середній час подолання рубезу охорони при використанні  $i$ -го комплекту допоміжного обладнання.

$$\text{При цьому ймовірність } P(H_4) = \sum_{i=1}^n P(H_4^i).$$

## Висновки

Таким чином, в статті розроблена і описана математична модель подолання ПП СПЗВ забороненої зони особове важливих державних об'єктів. Розрахований часовий показник подолання рубезів СПЗВ, який необхідно враховувати при оцінці спроможності сил охорони випередити ПП у висуванні до рубезу розгортання. Отримана модель є складовою моделі для визначення ймовірності випередження вартою нападників у висуванні тривожної групи до рубезу розгортання.

## Список літератури

1. Петров И.Н. Пути построения и модернизации СФЗ. / И.Н. Петров // Оценка эффективности. – 2005. – № 3 (60). – С. 6-12
2. Радаев Н.Н. Террористическая угроза: количественная оценка для конкретного объекта / Н.Н. Радаев // Вопросы анализа риска. – 2007. – № 3. – С. 12-16.
3. Радаев Н.Н. Приближенные оценки защищенности объектов от террористических действий/ Н.Н. Радаев // Оценка эффективности. – 2007. – № 3(72). – С. 28-32.
4. Радаев Н.Н. Формализация нарушителя в задаче оценки эффективности системы физической защиты объекта / Н.Н. Радаев // Оценка эффективности. – 2008. – №1 (76). – С. 16-22.
5. Петров И.Н. Вероятностная модель системы физической защиты объекта транспортной инфраструктуры / И.Н. Петров, А.Д. Самсонов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2012. – № 2. – С. 131-140.
6. Зенов А.Ю. Комплексный подход к обнаружению, классификации и распознаванию нарушителя на охраняемой территории / А.Ю. Зенов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2012. – № 2(22). – С. 23-32
7. Венцель Е.С. Теория вероятностей и ее приложения. / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров – М.: Академия, 2003. – 464 с.

Надійшла до редколегії 8.09.2015

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

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРАВОНАРУШИТЕЛЯМИ ФИЗИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ПЕРИМЕТРА ЗАПРЕТНОЙ ЗОНЫ ОСОБО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

М.Г. Голубок

*В статье приведена разработанная математическая модель для определения направления и времени преодоления правонарушителем физических барьеров периметра запретной зоны особо важных объектов, которая учитывает структуру системы противодействия внешнему вторжению, а также подготовленность и оснащенность правонарушителя и способы преодоления физических барьеров.*

**Ключевые слова:** правонарушитель, система противодействия внешнему вторжению, преодоление, вероятность, математическая модель.

## MATHEMATICAL MODEL OVERCOMING OFFENDERS PHYSICAL BARRIERS BAND GAP PERIMETER OF CRITICAL FACILITIES

M.G. Golubock

*In the article the mathematical model to determine the direction and time offender overcoming physical barriers band gap perimeter of critical facilities, which take into account the structure of the system counter foreign invasion, as well as preparedness and equipment of the offender and ways to overcome physical barriers.*

**Keywords:** offender system of countering foreign invasion, poverty, probability, mathematical model.