

УДК 355.40

І.А. Таран, В.В. Пугач, І.М. Тіхонов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ІМІТАЦІЙНА СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИКРИТТЯ ПОРУШНИКА РУХОМИМИ ЗАСОБАМИ ОХОРОНИ ОБ'ЄКТІВ

У статті запропонована імітаційна статистична модель процесу викриття порушника рухомими засобами охорони об'єктів. Моделювання процесу викриття порушника здійснюється при русі засобу охорони вздовж прямолінійної ділянки смуги охорони з постійною швидкістю та при відомій дальності виявлення порушника засобом охорони. Дана імітаційна статистична модель процесу викриття порушника може бути застосована при відпрацюванні рекомендацій щодо організації наземної охорони й оборони об'єктів Повітряних Сил Збройних Сил України великої периметральної протяжності.

**Ключові слова:** охорона, моделювання, порушник, виявлення, об'єкт, ймовірність.

### Вступ

**Актуальність теми.** При організації охорони об'єктів Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗС України) необхідно враховувати їх певні особливості, однією з яких є їхня велика (до декількох десятків кілометрів для об'єктів типу аеродром) периметральна протяжність. Ця особливість в значній мірі впливає на склад сил та засобів, які залучаються до охорони та оборони об'єктів. Великі проміжки між опорними пунктами (сторожовими постами), які є елементами бойового порядку при веденні наземної охорони та оборони, як правило, замикаються парними патрулями або рухомими засобами (БМП, БТР), які просуваються за визначеними маршрутами. Спостерігачі на рухомих засобах охорони та оборони ведуть спостереження візуально або за допомогою засобів спостереження: біноклів, приладів нічного бачення тощо [1]. Своєчасність виявлення та ідентифікації порушників, які намагаються проникнути до об'єктів ПС ЗС України, є одним з важливих завдань при організації їх охорони та оборони.

На процес викриття порушника можуть впливати різні фактори: швидкості пересування рухомих засобів охорони та порушника, характеристики засобів розвідки, довжина ділянки, яка охороняється тощо. Для прийняття доцільного рішення командиром, який організовує охорону та оборону об'єктів ПС ЗС України, необхідні науково обґрунтовані рекомендації, які дозволять з максимальною ефективністю розподілити наявні сили та засоби та визначити бойові завдання. Тому постає необхідність дослідження процесу викриття порушника засобами охорони об'єктів, яке доцільно провести з використанням імітаційної статистичної моделі.

**Аналіз літератури** Як показав аналіз літератури, дослідження у цьому напрямку вкрай обмежені і відповідні моделі у них не пропонуються. Окремі рекомендації щодо організації охорони та оборони об'єктів ПС ЗС України містяться в [1, 2].

Тому, **метою даного дослідження** є розробка імітаційної статистичної моделі процесу викриття порушника рухомими засобами охорони об'єктів.

### Основна частина

**Опис моделі.** Вхідні дані, допущення та обмеження моделі:

засіб охорони рухається з постійною швидкістю  $V_b$  прямолінійно вздовж смуги охорони довжиною  $L$  (рис. 1); після досягнення межі смуги за час  $T = L / V_b$  засіб охорони продовжує рух у зворотному напрямку; дальність виявлення порушників засобом охорони складає  $D$ ; після виявлення порушників відбувається їх розпізнавання (ідентифікація) протягом часу  $t_{затр}$  та знищення;

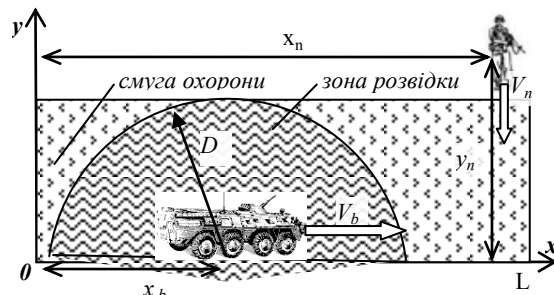


Рис. 1. Вхідні дані моделі

порушники долають смугу охорони перпендикулярно руху засобу охорони зі швидкістю  $V_n$ , час появи порушника на межі смуги охорони -  $t_n$ ; у випадку, якщо порушники не виявляються засобом охорони, або ж виявляються на відстані від межі об'єкту (вісь  $Ox$ ) меншій ніж  $y_{\min} = V_n \cdot t_{затр}$ , вважаємо, що порушник досягає об'єкту; у протилежному випадку порушник вважаються знищеним;

потік порушників через смугу охорони вважаємо стаціонарним, інтервали часу між появою двох порушників на межі смуги охорони вважаємо розподіленими за показовим законом; поява порушника рівноймовірна в будь-якому місці смуги охорони, тобто координата  $x_n$  порушника є випадковою величиною, рівномірно розподіленою в інтервалі  $0 \dots L$ .

При прийнятих допущеннях значення відстані між порушником та засобом охорони може бути

визначене як

$$R(t) = \sqrt{X^2(t) + Y^2(t)},$$

$$X(t) = x_n - x_b(t),$$

$$Y(t) = y_n(t) - y_b = y_n(t) = D - V_n(t - t_n),$$

де  $x_n$ ;  $y_n$ ;  $x_b$ ;  $y_b$  – координати, відповідно, порушника та засобу охорони.

Порушник буде виявлятися при його появі в межах зони розвідки засобу охорони, тобто ймовірність виявлення порушника може бути знайдена як ймовірність виконання умови

$$R(t) \leq D \quad (1)$$

при обмеженні

$$y_n \geq y_{\min} = V_n \cdot t_{\text{затр}} \quad (2)$$

Блок-схема моделювання наведена на рис. 2.

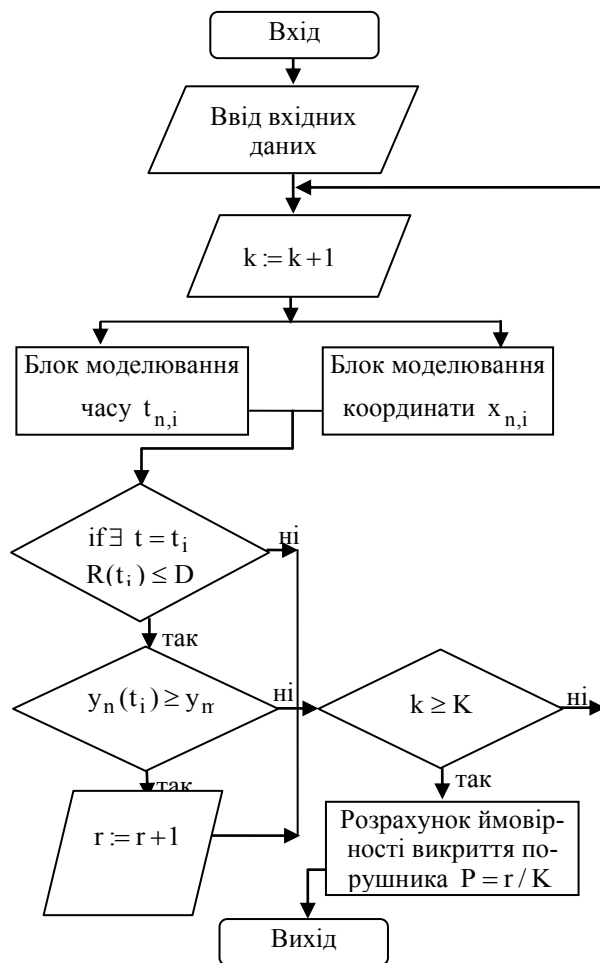


Рис. 2. Блок-схема імітаційного статистичного моделювання процесу викриття порушника рухомими засобами охорони об'єктів

Після введення вхідних даних на кожному  $k$  – циклі моделювання проводиться моделювання часу появи порушника на межі смуги охорони  $t_n$  та його координати  $x_n$ , після чого проводиться перевірка виконання умов (1), (2), при їх виконанні вважається, що порушник викритий, значення кількості викритих порушників  $r$  збільшується на одиницю,

після чого процес моделювання повторюється до виконання умови  $k \geq K$ , де  $K$  – кількість циклів моделювання. Після цього здійснюється статистичне визначення ймовірності викриття порушника, як відносної частоти викриття порушників  $P = r / K$ .

Моделювання випадкової величини  $x_{n,i}$  проводимо з використанням стандартної функції Random мови програмування Object Pascal.

Координата  $x_b$  засобу охорони може бути задана як

$$x_b(t) = \begin{cases} V_b t, & 0 \leq t < T \\ L - V_b(t - T), & T \leq t < 2T \\ V_b(t - 2T), & 2T \leq t < 3T \\ \dots & \dots \end{cases}$$

Таке представлення враховує, що після досягнення засобом охорони межі ділянки охорони, він повертає назад. Оскільки при проведенні моделювання нас буде цікавити не значення координати  $x_b$ , а різниця  $x_b - x_{n,i}$  представляється зручнішим використовувати інші співвідношення для розрахунку  $x_b$  та  $x_{n,i}$ :

$$x_b(t) = V_b t, \quad t \geq 0;$$

$$x_{n,i} = \tilde{x}_{n,i}(-1)^v + L \cdot r \cdot 4;$$

$$v = k \bmod 2;$$

$$k = \text{Abs}(t_{n,i}) \text{div} T;$$

$$r = k + v$$

(як  $\tilde{x}_{n,i}$  позначене значення координати порушника, отримане за допомогою функції Random, символами div, mod та Abs позначені, прийняті в програмуванні операції, відповідно, цілочисленого ділення, частки від цілочисленого ділення та розрахунку цілої частини числа).

Моделювання випадкової величини  $t_{n,i}$ , розподіленої за показовим законом розподілу проведемо з використанням рекомендацій, наведених в [3].

Перевірку виконання умови (1) проводимо, виходячи з наступних міркувань. Запишемо

$$\Delta(t) = R(t) - D = \sqrt{X^2(t) + Y^2(t)} - D =$$

$$= \left( (x_{n,i} - V_b t)^2 + (D - V_n(t - t_{n,i}))^2 \right)^{\frac{1}{2}} - D.$$

Умова (1) буде виконуватись, якщо  $\Delta(t) = 0$  для хоча б одного моменту часу на інтервалі дослідження. Це означає, що для перевірки виконання умови (1) необхідно знайти рішення рівняння

$$\left( (x_{n,i} - V_b t)^2 + (D - V_n(t - t_{n,i}))^2 \right)^{\frac{1}{2}} - D = 0,$$

або

$$(x_{n,i} - V_b t)^2 + (D - V_n(t - t_{n,i}))^2 = D^2,$$

тобто

$$(V_b^2 + V_n^2)t^2 - 2(V_b x_{n,i} + DV_n + V_n^2 t_{n,i})t + (x_{n,i}^2 + 2DV_n t_{n,i} + V_n^2 t_{n,i}^2) = 0. \quad (3)$$

Рівняння (2) може не мати рішення, це буде означати, що умова (1) не виконується; може мати одне ( $t_1$ ) або два ( $t_1$ ,  $t_2$ ) рішення. У останньому випадку порушник буде спостерігатись засобом охорони протягом часу  $t_2 - t_1$ , але це лише в тому разі, якщо після виявлення порушника засіб охорони буде продовжувати рух, навіть якщо це приведе до невикриття порушника. В реальних умовах після виявлення  $j$ -го порушника при загрозі його втрати внаслідок руху засіб охорони зупиниться, тому в моделі необхідно врахувати затримку засобу охорони при виявленні порушника на час  $t_{затр}$ , для чого, щоб не ускладнювати рівняння (3), зручно зменшити на величину  $t_{затр}$  отримані в процесі моделювання значення часу появи порушників  $t_{n,i}$  для  $i > j$ . Перевірку виконання умови  $y_n(t) \geq y_{\min}$  доцільно проводити для меншого з отриманих рішень рівняння (3), оскільки при прийнятих допущеннях функція  $y_n(t)$  є монотонно спадаючою.

#### ИМИТАЦИОННАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗОБЛАЧЕНИЯ НАРУШИТЕЛЯ ПОДВИЖНЫМИ СРЕДСТВАМИ ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ

И.А. Таран, В.В. Пугач, И.М. Тихонов

*В статье предложена имитационная статистическая модель процесса разоблачения нарушителя подвижными средствами охраны объектов. Моделирование процесса разоблачения нарушителя осуществляется при движении средства охраны вдоль прямолинейного участка полосы охраны с постоянной скоростью и при известной дальности выявления нарушителя средством охраны. Данная имитационная статистическая модель процесса разоблачения нарушителя может быть применена при отработке рекомендаций относительно организации наземной охраны и обороны объектов Воздушных Сил Вооруженных Сил Украины большой периметрической протяженности.*

**Ключевые слова:** охрана, моделирование, нарушитель, выявление, объект, вероятность.

#### SIMULATION STATISTICAL MODEL OF PROCESS OF EXPOSURE OF VIOLATOR MOBILE FACILITIES OF GUARD OF OBJECTS

I.A. Taran, V.V. Pugach, I.M. Tihonov

*The simulation statistical model of process of exposure of violator mobile facilities of guard of objects is offered in the article. The design of process of exposure of violator is carried out at motion of mean of guard along the rectilinear area of bar of guard with permanent speed and at the known distance of exposure of violator the mean of guard. This simulation statistical model of process of exposure of violator can be applied at working off recommendations in relation to organization of surface guard and defensive of objects of Aircrafts of Military Powers of Ukraine of large perimetric extent.*

**Keywords:** guard, design, violator, exposure, object, probability.

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, у статті розроблена імітаційна статистична модель процесу викриття порушника рухомими засобами охорони об'єктів. Подальші дослідження можуть бути направлені на обґрунтування рекомендацій щодо охорони об'єктів певних розмірів та конфігурації, на проведення моделювання при наявності як стаціонарних, так і рухомих засобів охорони об'єктів, на проведення моделювання з урахуванням неоднакового ступеню небезпеки, що становлять для об'єкту різні порушники.

#### Список літератури

1. Протидиверсійна боротьба. Безпосереднє прикриття та наземна оборона. – Х.: ХВУ, 2003. – 220 с.
2. Тактика ВВС. Учебник. – М.: ВИ, 1984. – 384 с.
3. Пастушенко Н.С. Моделирование и оценка эффективности космических систем. – Х.: ХВУ, 1997. – 158 с.

Надійшла до редколегії 6.05.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.