

УДК 358.116

О.П. Скрипченко, В.В. Варава

Науковий центр бойового застосування РВіА Сумського державного університету, Суми

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ В МОДЕЛІ БОЮ ПРОТИТАНКОВОГО АРТИЛЕРІЙСЬКОГО КОМПЛЕКСУ

Розглядається методичний підхід до статистичного моделювання місцевості з урахуванням узагальнених характеристик рельєфу. Приводиться математичний апарат, що дозволяє враховувати рельєф місцевості в моделі бою протитанкового артилерійського комплексу.

**Ключові слова:** протитанковий артилерійський комплекс (ПТАК), вогневий засіб ПТАК, танк, рельєф місцевості, рубіж розгортання, сектор стрільби.

### Вступ

Розробка методики обґрунтування тактико-технічних вимог до вогневих засобів, які входять до складу протитанкового артилерійського комплексу (ПТАК) [1], включає в себе декілька етапів, основним з яких є: моделювання бою ПТАК з урахуванням факторів, що впливають на ефективність бойового застосування вогневих засобів, які входять до складу ПТАК.

Одним із суттєвих факторів, що впливають на результати бою ПТАК, є врахування рельєфу місцевості.

При цьому, як правило, вирішуються наступні взаємопов'язані завдання, а саме:

- вибір моделі рельєфу та рослинного покриву місцевості;
- розробка алгоритму безпосереднього урахування конкретних умов місцевості.

Особливості тактико-технічних характеристик вогневих засобів ПТАК, різноманітність типу рельєфу місцевості та рослинного покриву у секторах, які призначені для стрільби, визначають окремі вимоги до результатів, отриманих при рішенні вище означених завдань. Розроблені на сьогодні методи кількісного опису впливу рельєфу місцевості мають деякі недоліки, а саме:

- не враховують різноманітність рельєфу у межах сектору, призначеного для ведення вогню вогневим засобом ПТАК;
- базуються на статистичній обробці інформації про рельєф, яка отримана з топокарт, а це, як відомо, накладає обмеження при виборі вогневих позицій для вогневих засобів ПТАК.

З цих позицій, в межах системного підходу, при врахуванні впливу рельєфу на результат бою ПТАК доцільно мати єдину модель, яку можливо застосовувати для різноманітних типів рельєфу та вогневих засобів ПТАК.

Найбільш простим способом урахування рельєфу є узагальнений опис місцевості на основі статисти-

чного моделювання з урахуванням таких характеристик як пересіченість рельєфу, крутизна схилів, відносне перевищення, характер природних масок (рослинного покриву) [2].

**Мета статті** – розробка уніфікованого підходу до врахування впливу рельєфу місцевості при моделюванні бою ПТАК.

### Основна частина

Під час моделювання рельєфу місцевості виконуються наступні операції:

- здійснюється вибір та шиккування керуючої функції –  $Y$ , що є моделлю скороченого профілю місцевості вертикальною площиною для рубіжу розгортання ПТАК. У шикванні функції  $Y$  враховуються тільки кордони підйомів, спусків і місця різких перегинів схилів;
- здійснюється безпосереднє моделювання повного профілю місцевості для кожного  $i$ -го сектору (вогневого засобу ПТАК) –  $z_i$ ;
- визначається основна частина спостережної висоти танка в кожному  $i$ -му секторі –  $\mu_i$  на заданій відстані.

Функція  $Y$  є кусково-безперервною (рис. 1) і визначається на кожному  $j$ -му інтервалі місцевості залежністю:

$$Y_j = A_j \cdot \sin(\omega_j \cdot x + \varphi_j).$$

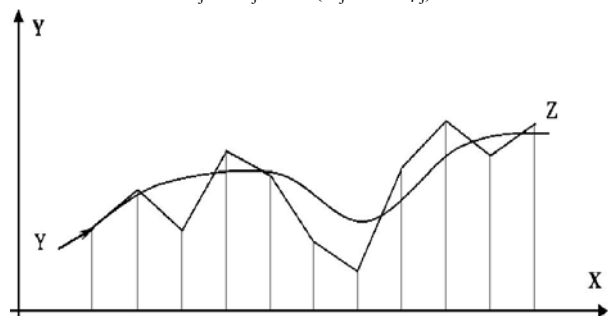


Рис. 1. Модель рельєфу місцевості

Параметри  $A_j$ ,  $\omega_j$ ,  $\varphi_j$  є випадковими та задовольняють таким умовам:

$$\begin{cases} \omega_j = \tilde{\omega}_j; \quad \phi_j = \tilde{\phi}_j \leq \text{tg}\alpha_{\max}; \quad Y_{j+1}^{(0)} = Y_j^{(k)}; \\ 0 < \max \{ A_{j-1} \sin(\omega_{j-1}x + \phi_j - 1) \} - \\ - \min \{ A_j \sin(\omega_j x + \phi_j) \} \leq Q_{\text{Вр}}; \quad \omega_j \phi_j \left| \frac{dy_j}{dx} \right| A_j = \tilde{A}_j; \\ P(x_{\min} \leq 4x_j \leq x_{\max}) = 1, \end{cases} \quad (1)$$

де нерівності є умовами адекватності керуючої функції типу змодельованої поверхні, а рівність – умові безперервності функції  $Y$ ;  $4x_j = x_{B_j}$  – відстань між лощинами для  $j$ -ї ділянки місцевості;  $Y_j^{(0)}$ ,  $Y_j^{(k)}$  – значення функції  $Y_j$  на початку і в кінці  $j$ -го інтервалу;  $\alpha_{\max}$  – максимальна крутизна схилів місцевості;  $Q_{\text{Вр}}$  – відносне перевищення;  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  – мінімально і максимально можлива для цієї місцевості відстань між вершинами.

Для місцевості, що складається з осадочних порід, спостерігається залежність висот підвишень від площі, яка займає їх основу; тобто вважаємо, що  $A_j$  є функція  $f(\omega_j)$ .

У свою чергу  $\omega_j = 1/x_{B_j}$ , де  $x_{B_j}$  – можливо розглядати як випадкову величину, що визначається на інтервалі  $(x_{\min}, x_{\max})$ . З достатнім ступенем узагальнення (за відсутності інформації щодо конкретного розподілення  $x_{B_j}$ ) можна вважати розподілення випадкової величини рівномірним.

$$\begin{cases} Y_j(k) = Y_{j-1}(kl_{j-1}) + x_{B_j}^* \cdot \text{tg} \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{2} / 2\pi \times \\ \times \left[ \sin \left( 2\pi \Delta x k / x_{B_j}^* + \phi_j \right) - \sin \phi_j \right]; \quad x_{B_j}^* = 4kl_j; \\ kl_j = \text{entier} \left( x_{B_j} / 4\Delta x \right); \quad Y_{j-1} = Y_0, \quad \text{якщо } j = \overline{1, L} \in [0, L]; \\ \phi_j = \begin{cases} \frac{\pi}{2} + \frac{1}{kl_j}, & \text{якщо } j = 1; \\ \frac{\pi}{2} j, & \text{якщо } j > 1, \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

де  $\alpha_{\min}$  – мінімальна крутизна схилу;  $y_0$  – абсолютна висота знаходження протитанкового засобу;  $l$  – віддалення позиції протитанкових засобів від найближчої вершини ( $L$  – максимально можливе);  $\Delta x$  – рівень квантування дальності в моделі.

Наведені вирази описують побудову однієї реалізації скороченого рельєфу місцевості в районі рубежу розгортання ПТАК. Більш детально властивості місцевості описує модель повного профілю місцевості –  $z$ . Внаслідок випадкового характеру процесів руйнування і створення елементів рельєфу справедливо вважати, що модель повного профілю, в кожному секторі вогневого засобу ПТАК, в основі повторює модель  $Y$  і відрізняється від неї в ряді точок (інтервалів). Апроксимуючи повний профіль місцевості ломаною лінією (функцією Ейлера), на кожному  $k$ -інтервалі для  $i$ -го сектора здійснюється перетворення  $Y(k) \rightarrow z_i(k)$ , використовуючи алго-

ритм випадкових прирощень з відстежуванням керуючою функцією  $Y$ :

$$z_i(k) = z_i(k-1) + \beta_i \Delta x \cdot \text{tg}\alpha, \quad (3)$$

де  $\beta = -1$ , якщо  $\xi < \beta_i^{(k)}$  та  $\beta = 1$  у іншому випадку;  $\alpha$  – рівномірно розподілена кількість в інтервалі  $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$ ;  $\xi$  – випадкова величина, що рівномірно розподілена в інтервалі  $(0,1)$ .

Величина  $\beta_i^{(k)}$  є імовірністю вибору напрямку приросту  $z_i(k)$  і визначається таким виразом

$$\beta_i^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } z_i(k-1) > y(k) + \Delta z_{\max}; \\ \frac{z_i(k-1) + \Delta z_{\max} - y(k)}{2\Delta z_{\max}}, & \text{якщо} \\ y(k) - \Delta z_{\max} < z_i(k-1) \leq y(k) + \Delta z_{\max}; \\ 0, & \text{якщо } z_i(k-1) \leq y(k) - \Delta z_{\max}, \end{cases} \quad (4)$$

де  $\Delta z_{\max} = \Delta x \cdot \text{tg}\alpha_{\max}$ .

Сформульована функція  $z_i$  є основною для визначення вогневої позиції засобу ПТАК. Оскільки позиції засобів ПТАК вибираються на вершині або схилі рельєфу місцевості, то функція  $z'_i(k)$ , що визначає рельєф місцевості в напрямку стрільби, може бути розрахована за допомогою виразу

$$z'_i(k) = \begin{cases} 2z_i(k_2) - z_i(k), & k = \overline{0, k_{\text{Гі}} - 1}; \quad \text{якщо } z_i(0) < z_i(1); \\ z_i(k), & \text{якщо } z_i(0) \geq z_i(1); \end{cases} \quad (5)$$

$$k_{\text{Гі}} = \text{entier} \left( D_{B_i} / \Delta x \right),$$

де  $D_{B_i}$  – відстань від вихідної точки до найближчої вершини отриманого рельєфу місцевості.

Розглянемо величину  $\mu_i(k)$ , що являє собою частку спостережуваної висоти танку на відстані  $k \Delta x$  в  $i$ -му секторі. Для визначення її значення скористаємося геометричною моделлю місцевості, що представлена на рис. 2.

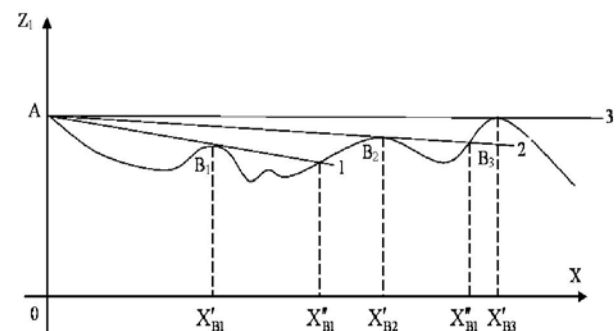


Рис. 2. Геометрична модель місцевості

Із рис. 2 видно, що на рельєфі місцевості існують вершини для укриття танків, що наступають –  $B_j$ . У напрямку видимості на вершину  $B_j$  існують 2 ділянки:

1. Ділянка прямої видимості –  $x''_{B_{j-1}}, x'_{B_j} (x''_{B_0} = 0)$ .

Для даних ділянок

$$\mu_i(k) = 1.$$

2. Ділянка укриття  $x''_{B_j}, x'_{B_j}$ , для якої

$$\mu_i(k) = \begin{cases} 1 - \left( H_{AB_j}(k) - z'_i(k) \right) / h_T, & \text{якщо } 0 \leq H_{AB_j}(k) - z'_i(k) < h_T; \\ 0, & \text{якщо } H_{AB_j}(k) - z'_i(k) \geq h_T, \end{cases} \quad (6)$$

де  $H_{AB_j}(k)$  – напрямок прямої видимості на вершину  $B_j$ , що визначається виразом

$$H_{AB_j}(k) = z'_i(0) + \frac{z'_i(x'_{B_j} / \Delta x) - z'_i(0)}{x'_{B_j}} k \Delta x, \quad (7)$$

де  $h_T$  – висота танка.

### Висновки

Таким чином, моделювання рельєфу місцевості і визначення частки спостережуваної висоти танка здійснюється в наступній послідовності:

1. Для заданих умов визначається скорочений рельєф місцевості на рубежі розгортання ПТПрез, використовуючи залежність (2).

2. Використовуючи залежності (3) – (5), моделюється повний рельєф місцевості для кожного вогневого засобу ПТАК.

3. На повному рельєфі для кожного сектору стрільби (вогневого засобу ПТАК) визначаються вершини укриття.

4. Використовуючи залежності (6) – (7), розраховується частка спостережуваної висоти танку в секторі стрільби для кожного вогневого засобу ПТАК.

Виходячи з методології побудови ієрархічного комплексу моделей оцінки бойової ефективності ПТАК, запропоновано уніфікований підхід до врахування впливу рельєфу місцевості при моделюванні бою ПТАК. Цей підхід реалізовано на ПЕОМ у вигляді окремого блоку, що входить в загальну структуру моделей.

### Список літератури

1. Скрипченко О.П. Математична модель бою проти-танкового артилерійського комплексу / О.П. Скрипченко, С.А. Серпенинов, В.В. Варава // Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал. – 2009. – № 2(18). – С. 40-42.

Надійшла до редколегії 5.03.2010

Рецензент: канд. техн. наук, ст. наук. співробітник Ю.П. Сальник, Академія сухопутних військ, Львів.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УЧЁТУ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ В МОДЕЛИ БОЯ ПРОТИВОТАНКОВОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО КОМПЛЕКСА

А.П. Скрипченко, В.В. Варава

*Рассматривается методический подход к статистическому моделированию местности с учетом обобщенных характеристик рельефа. Приводится математический аппарат, который позволяет учитывать рельеф местности в модели боя противотанкового артиллерийского комплекса.*

**Ключевые слова:** противотанковый артиллерийский комплекс (ПТАК), огневое средство ПТАК, танк, рельеф местности, рубеж развертывания, сектор стрельбы.

### THE METHODOICAL APPROACH TO THE ACCOUNT OF RELIEF IN A FIGHT MODEL OF ANTI-TANK ARTILLERY SYSTEM

A.P. Skripchenko, V.V. Varava

*The methodical approach to statistical modeling of district with the account of generalized character of a relief is considered. The mathematical apparatus which allows to consider a relief in model of fight of anti-tank artillery system is resulted/*

**Keywords:** anti-tank artillery system (ATAS), ATAS fire mean, tank, district's relief, deploy line, shooting sector.