

УДК 358.116

О.П. Скрипченко, С.А. Серпенінов, В.В. Варава

Науковий центр бойового застосування РВіА Сумського державного університету, Суми

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БОЮ ПРОТИТАНКОВОГО АРТИЛЕРІЙСЬКОГО КОМПЛЕКСУ

Розглянута математична модель бойових дій дуельного типу, яка дозволяє, виходячи з конкретних умов обстановки, визначити результати бою протитанкових засобів з танками та іншими броньованими засобами противника, а також можливість її використання для оцінки ефективності озброєння, що входить до складу протитанкового артилерійського комплексу.

Ключові слова: протитанковий артилерійський комплекс (ПТАК), вогневий засіб ПТАК, протитанкова керована ракета, протитанкова артилерійська гармата, танк, дальність прямого пострілу.

Вступ

Особливості ведення бойових дій в сучасних умовах обумовлені: раптовістю та високою динамічністю їх ведення, досконалістю засобів нападу та захисту. Ефективність засобів нападу та захисту визначається не тільки досконалістю бойової техніки, а і значною мірою залежить від способів та характеру її бойового застосування.

Метою статті є таке: за допомогою математичних методів моделювання бойових дій з урахуванням теорії ефективності та теорії стрільби при заданій кількості протитанкових вогневих засобів в складі ПТАК, танків інших броньованих засобів противника, а також їх характеристик провести оцінку результатів їх двобою.

Основна частина

Під протитанковим артилерійським комплексом (ПТАК) слід розуміти сукупність функціонально пов'язаних, інформаційно і технічно сумісних протитанкових вогневих засобів (протитанкових артилерійських гармат або пускових установок протитанкових керованих ракет (ПТКР)), артилерійських пострілів (ПТКР), засобів підготовки стрільби і управління вогнем, яка дозволяє самостійно виконувати вогневі завдання [1]. Одним з основних методів дослідження бойових дій протитанкових та танкових угруповань є моделювання їх дуельного бою. Враховуючи ті обставини, що показники ефективності бойових засобів і показники, які характеризують умови їх бойового застосування, є функціями дальності ведення вогню [2], алгоритм математичної моделі, яка описує процес двобою різних угруповань протитанкових засобів та танків у загальному випадку, може бути представлений в наступному вигляді:

вихід танків на рубіж відкриття вогню засобами протитанкового артилерійського комплексу;

постріл вогневим засобом ПТАК по танку та оцінка його результатів;

підготовка вогневого засобу ПТАК до наступного пострілу;

вихід танків на рубіж відкриття вогню по вогневих засобах ПТАК;

виявлення позицій вогневих засобів ПТАК;

постріл по виявленому вогневному засобу ПТАК та оцінка його результатів;

підготовка танка до наступного пострілу;

оцінка бою (визначення втрат бойових засобів кожного типу на будь який момент бою і за увесь бій в цілому.

Час виходу танків на рубіж відкриття вогню по вогневих засобах ПТАК залежить від співвідношення дальності стрільби танка та вогневих засобів ПТАК і визначається виразом:

$$t_1 = \begin{cases} 0, & \text{якщо } D_{pt} \geq D_{pop}; \\ \frac{D_{pop} - D_{pt}}{V_t}, & \text{якщо } D_{pt} < D_{pop}, \end{cases} \quad (1)$$

де D_{pt} , D_{pop} – дальність прямого пострілу танків та вогневих засобів ПТАК відповідно, м; V_t – швидкість атаки танків, км/год.

Час виходу танків на рубіж, з якого вогневі засоби ПТАК відкривають вогонь, визначається як

$$t_2 = \begin{cases} 0, & \text{якщо } D_{pop} \geq D_{pt}; \\ \frac{D_{pt} - D_{pop}}{V_t}, & \text{якщо } D_{pop} < D_{pt}. \end{cases} \quad (2)$$

Величина D_{pop} залежить від виду вогневого засобу ПТАК та типу боеприпасів, що застосовуються.

Для ПТКР D_{pop} характеризує максимальну дальність пуску ракети.

Для гарматних засобів ПТАК дальність прямого пострілу визначається характеристиками снаряда, висотою танка, початковою швидкістю снаряда:

– для підкаліберного снаряда:

$$D_{pop} = D(H_t), \quad (3)$$

де $D(H_t)$ – максимальна дальність, при якій висота траєкторії дорівнює висоті танка, м;

– для осколково-кумулятивного снаряда рубіж відкриття вогню залежить від дальності стрільби, параметрів розсіювання та прямої видимості і визначається виразом:

$$D_{\text{pop}} = \begin{cases} D_{\text{max op}}, & \text{якщо } \mu_i(D_{\text{max op}}) \geq A; \\ D_B, & \text{якщо } \mu_i(D_{\text{max op}}) < A, \end{cases} \quad (4)$$

де $D_{\text{max op}}$ – максимальна дальність стрільби для ураження танків, м; D_B – дальність прямої видимості, яка визначається як максимальна дальність, для якої $\mu_i(D_{\text{max op}}) > 0$, $i = 1 \dots N_{\text{op}}$; N_{op} – кількість вогневих засобів у складі ПТАК; $\mu_i(D)$ – частка видимої висоти танка в i -му секторі на заданій дальності стрільби; A – частка видимої висоти танка, при якій вогневі засоби ПТАК відкривають вогонь.

Момент j -го пострілу i -м танком t_{Tij} залежить від дальності прямої видимості, імовірності виявлення вогневого засобу ПТАК на позиції.

Імовірність виявлення i -го протитанкового засобу танком визначається виразом:

$$P_1 = \begin{cases} P_{\text{об}}, & \text{якщо } k_{ni} = 0; \\ 1, & \text{якщо } k_{ni} > 0, \end{cases} \quad (5)$$

де $P_{\text{об}}$ – імовірність виявлення вогневого засобу ПТАК до відкриття вогню; k_{ni} – кількість пострілів, зроблених i -м вогневим засобом ПТАК.

Таким чином

$$t_{Tij} = \begin{cases} t'_{Tij}, & \text{якщо } \mu_i(d_j) \geq 0,2 \text{ та } \xi \leq P_1; \\ t'_{Tij} + \Delta t, & \text{якщо } \mu_i(d_j) < 0,2 \text{ або } \xi > P_1, \end{cases} \quad (6)$$

де $t'_{Tij} = t_{Tij-1} + t_{Tij}$; причому $t_{T10} = t_1$; Δt – мінімальний час виходу танка на позицію можливого відкриття вогню, $\Delta t = d/V_t$; d_j – відстань між танком та вогневим засобом ПТАК в момент j -го пострілу, $d_j = (t_{Tij} - t_1) \cdot V_t$; ξ – випадкова величина, розподілена по нормальному закону в інтервалі $(0 \dots 1)$.

Час на підготовку j -го пострілу танком (t_{Tbj}) визначається виразом:

$$t_{Tbj} = \begin{cases} -1/(xt_1) \cdot \ln \xi_n, & \text{якщо } P_2 = 0; \\ -1/(xt_2) \cdot \ln \xi_n, & \text{якщо } P_2 = 1, \end{cases} \quad (7)$$

де P_2 – ознака ураження i -го вогневого засобу ПТАК при пострілі (0 – не уражено, 1 – уражено):

$$P_2 = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \xi > P_n t; \\ 1, & \text{якщо } \xi \leq P_n t. \end{cases}$$

Момент i -го пострілу k -го вогневого засобу ПТАК визначається виразом:

$$t_{\text{opki}} = \begin{cases} t'_{\text{opki}}, & \text{якщо } \mu_k(d_i) \geq A; \\ t'_{\text{opki}} + \Delta t, & \text{якщо } \mu_k(d_i) < A, \end{cases} \quad (8)$$

де $t'_{\text{opki}} = t_{\text{opki-1}} - t_{\text{opi}}$, причому $t_{\text{opk0}} = t_2$;

$$t_{\text{opi}} = \begin{cases} -1/\lambda_{\text{op1}}, & \text{якщо } P_{t_i} = 0; \\ -1/\lambda_{\text{op2}}, & \text{якщо } P_{t_i} = 1, \end{cases}$$

де P_{t_i} – ознака ураження i -го танка при пострілі.

Ураження танку при пострілі визначається видом вогневого засобу ПТАК. Для ПТРК

$$P_{t_i} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \xi > P_{n_{\text{opt}}}; \\ 1, & \text{якщо } \xi \leq P_{n_{\text{opt}}}, \end{cases} \quad (9)$$

де $P_{n_{\text{opt}}}$ – ураження танка ПТРК.

Для ПТАК гарматного складу ураження танка визначається влученням в нього снаряда з урахуванням помилок розсіювання. Через те, що наведення здійснюється в центр видимої частини танку, то відхилення за напрямком не повинно перевищувати половини ширини танка, а за висотою траєкторії – половини видимої висоти танка. Таким чином:

$$P_{t_i} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } |B'\delta| < \text{Ш}_e / 2 \text{ та } |B'dh| < A \cdot Ht / 2; \\ 1, & \text{якщо } |B'\delta| \geq \text{Ш}_e / 2 \text{ та } |B'dh| \geq A \cdot Ht / 2, \end{cases} \quad (10)$$

де $B'\delta$, $B'dh$ – помилки відповідно в напрямку та висоті траєкторії на дальності до танка при пострілі, що визначаються виразами:

$$\begin{cases} B'\delta = d_i \cdot \arctg |B\delta_1 / d_{ni}|; \\ B'dh = \Delta d_H \cdot Bd_1, \\ \begin{cases} B\delta_1 = B\delta \cdot \xi_H; \\ Bd_1 = Bd \cdot \xi_H, \end{cases} \end{cases} \quad (11)$$

де d_i – відстань між танком та вогневим засобом ПТАК; d_{ni} – дальність падіння снаряда при пострілі по i -му танку; $B\delta$, Bd – серединні відхилення за напрямком та дальністю точки падіння снаряду від точки прицілювання; Δd_H – зміна висоти траєкторії польоту снаряду при зміні дальності точки падіння на 1 м; ξ_H – випадкова величина, розподілена по нормальній функції в інтервалі $(0 \dots 1)$.

Значення величин $B\delta$, Bd , d_{ni} , Δd_H визначаються під час розрахунку табличних поправок за допомогою системи диференціальних рівнянь з урахуванням помилок, що супроводжують стрільбу гарматою прямою наводкою [1]. Враховуючи вище наведені математичні залежності, моделювання бою вогневих засобів ПТАК з танками та іншими броньованими засобами противника може бути представлено в такому вигляді:

1. Визначення дальності стрільби вогневих засобів ПТАК.

2. Моделювання моментів пострілів танків та вогневих засобів ПТАК.

3. Визначення найближчого пострілу танка $t_T = \min \{t_{Tij}\}$.

4. Визначення найближчого пострілу вогневого засобу ПТАК $t_{\text{op}} = \min \{t_{\text{opki}}\}$.

5. Якщо $t_T > t_{\text{op}}$, то перехід до п.10, якщо $t_T \leq t_{\text{op}}$ – перехід до наступного пункту.

6. Визначення результату пострілу по танку, який вибраний для ураження, та відстані до нього.

7. Визначення моменту наступного пострілу засобом ПТАК.

8. Якщо уражено не менше $1/2$ танків, то танки почи-

нають відступати. Визначення моменту закінчення бою.

9. Якщо бій скінчився, видаються результати моделювання, якщо ні - моделювання повторюється.

10. Моделювання пострілу танка та визначення його результатів.

11. Визначення моменту наступного пострілу.

12. Розрахунок кількості уражених вогневих засобів ПТАК та відстані до них.

13. Якщо уражені всі засоби ПТАК або танки ввірвалися на вогневі позиції, видаються результати моделювання, якщо ні - моделювання повторюється.

14. Отримання результатів моделювання.

Висновки

Описана модель дозволяє отримати значення наступних часткових показників, які характеризують ефективність боротьби вогневих засобів ПТАК з танками та іншими броньованими засобами противника:

– оптимальну прицільну дальність відкриття вогню вогневим засобом ПТАК, залежно від типу боеприпасів, що застосовується (максимальну дальність пуску ПТКР);

– імовірність виявлення танком засобу ПТАК на вогневій позиції;

– втрати бойових засобів кожного типу на будь-який момент бою та за увесь бій в цілому.

При незначному доопрацюванні ця модель може бути використана для уточнення оперативнотактичних вимог до ПТАК, а також при розробці частних методик по обґрунтуванню вимог до паспортних характеристик вогневих засобів, що входять до складу ПТАК.

Список літератури

1. Обоснование принципов и путей создания артиллерийских комплексов РВ и А и боеприпасов к ним. / Отчет о НИР "Перун-ЗА". – Сумы: НЦ (РВ и А), 1997. – 145 с.

2. Математические модели боевых действий. – М.: Сов. радио, 1969. – 239 с.

Надійшла до редколегії 19.05.2009

Рецензент: д-р тех. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БОЯ ПРОТИВОТАНКОВОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО КОМПЛЕКСА

А.П. Скрипченко, С.А. Серпенинов, В.В. Варава

Рассмотрена математическая модель боевых действий дульного типа, которая позволяет, исходя из конкретных условий обстановки, определить результаты боя противотанковых средств с танками и другими бронированными средствами противника, а также возможность её использования для оценки вооружения, которое входит в состав противотанкового артиллерийского комплекса.

Ключевые слова: противотанковый артиллерийский комплекс (ПТАК), огневое средство ПТАК, противотанковая управляемая ракета, противотанковая артиллерийская пушка, танк, дальность прямого выстрела.

MATHEMATICAL BATTLE MODEL OF ANTI-TANK ARTILLERY SYSTEM

A.P. Skripchenko, S.A. Serpeninov, V.V. Varava

Mathematical model of duel type battles which allow, proceeding from situation conditions, determine battle results of anti-tank systems with tanks and other armored enemy means is considered and possibility of its usage for the evaluation of armament, which are the part of anti-tank artillery system.

Keywords: anti-tank artillery system (ATAS), ATAS fire mean, anti-tank guided missile (ATGM), anti-tank artillery gun, tank, line of fire starting, range of direct shot.