УДК 519.87.

В.Г. Березанський, О.Л. Бурсала

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

МОДЕЛЬ БОЙОВИХ ДІЙ ТРЬОХ СТОРІН З УРАХУВАННЯМ ПОКАЗНИКА ШВИДКОСТРІЛЬНОСТІ СТОРІН У РІВНЯННІ ЛАНЧЕСТЕРА

У статті запропоновано підхід щодо врахування втрат елементів сторін на етапах бойового застосування, на основі чого визначено рекомендований час перебування вертольотів у зонах дії противника при застосуванні авіаційних протитанкових керованих ракет по елементах групової цілі.

рівняння Ланчестера, ситуація, бій, імовірність ураження, вертоліт

Вступ

Як відомо, бій двох сторін являє собою дуельну ситуацію, яку можливо описати за допомогою системи диференціальних рівнянь. Для оперативно-тактичних розрахунків втрат сторін у дуельних ситуаціях використовують аналітичні моделі, які отримали назву рівняння Ланчестера [1].

Розглянемо випадок, коли система бойових дій є складною системою і являє собою потрійну ситуацію (складається з трьох взаємодіючих підсистем). При цьому потрійна ситуація розглядається як ситуація, у якій проти однієї зі сторін діють дві незалежні сторони і спрямовують вогневий потенціал проти однієї сторони. У цієї сторони обмежений час перебування в зоні дії засобів ураження сторін, але при цьому необхідно уразити якомога більше цілей противника.

Постановка завдання. Метою статті є визначення рекомендацій щодо часу перебування вертольотів в зоні дії противника та способу бойового застосування протитанкового ракетного комплексу (ПТРК), за якого досягається максимальна кількість уражених цілей.

Для визначеності вважаємо, що сторона N_1 – ланка вертольотів може обстріляти сторони M_2 та M_3; сторона M_2 – танкова рота в наступі, яка обстрілює сторону N_1; сторона M_3 – засоби ППО, які обстрілюють сторону N_1.

На рис. 1 представлена граф-схема потрійної ситуації.

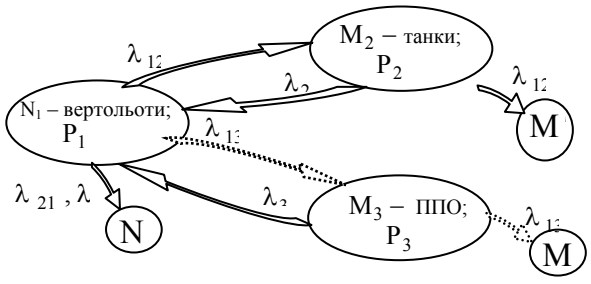

Рис. 1. Граф-схема потрійної ситуації

Під впливом потоку пострілів елементи одиниць множин сторін із станів N_1, M_2, M_3 переходять у стани N_1', M_2', M_3' – одиниці уражені та не стріляють. Зміна сторін чисельності в системі визначається за допомогою системи диференціальних рівнянь Ланчестера [2].

Основний матеріал

У реальних умовах бойових дій одночасна участь усіх сторін у бою обмежена дальністю бойового застосування озброєння.

© В.Г. Березанський, О.Л. Бурсала

Максимальні дальності пусків сторін складають: для вертольотів – до 5 км, танків – до 2 км, засобів ППО – до 15 км. Указані обмеження застосування зброї породжують дві ситуації бою:

– дуельна ситуація – участь у бою вертольотів та засобів ППО за умови невходження вертольотів у зону дії танків;

– потрійна ситуація – вертольоти входять у зону дії танків.

Приймаючи припущення, що вертольоти не входять у зону дії танків (танки не стріляють) і сторони M_2 та M_3 не ведуть бойових дій між собою і їх вогневі зусилля направлені проти однієї і тієї ж сторони, можливо перейти від потрійної до дуельної ситуації та розв'язати задачу у два етапи. Перший етап враховує участь в моделі тільки засобів ППО та вертольотів. Чисельності сторін за проміжок часу Δt визначимо за допомогою системи диференціальних рівнянь за таких початкових умов: $t = 0$; $N_1 = 4$; $M_2 = 10$; $\lambda_{12} = 1{,}5$ п/хв, $\lambda_{31} = 2$ п/хв; $P_1 = 0{,}65$, $P_3 = 0{,}55$ при висоті польоту вертольота $H = \text{const} = 35 - 50$м в умовах дії завад засобам ППО [3, 4]:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_1(t)}{dt} = -M_3(t)\cdot\lambda_{31}\cdot P_3, \\ \dfrac{dM_2(t)}{dt} = -N_1(t)\cdot\lambda_{12}\cdot P_1, \end{cases} \qquad (1)$$

де $\lambda_{12}, \lambda_{31}$ – відповідно інтенсивності пусків ПТКР з вертольота; керованих ракет ППО;

P_1, P_3 – імовірності ураження засобами ПТКР; засобами ППО противника.

Час знаходження вертольотів у зоні 1 визначимо з рис. 2, який складає 0,56 хв.

Момент закінчення бою визначимо з урахуванням початкового коефіцієнта бойової переваги сторін

$$\beta = \frac{N_1}{M_2}\sqrt{\frac{\Lambda_1}{\Lambda_2}}, \qquad (2)$$

де Λ_1, Λ_2 – потоки успішних пострілів сторін (вертольотів та засобів ППО), $\Lambda_1 = \lambda_{12}\cdot P_1$, $\Lambda_2 = \lambda_{21}\cdot P_2$.

Час закінчення бою знайдемо, продиференціювавши перше рівняння системи диференціальних рівнянь 1 по t і використавши друге рівняння для визначення довільних сталих за початкових умов: $t = 0$, $N_1 = c_1 + c_2$, $c_1 - c_2 = -\sqrt{\dfrac{\Lambda_2}{\Lambda_1}}\, N_1$. Остаточно отримаємо:

$$\begin{cases} N_1(t) = \dfrac{N_1}{2}\left[\left(1 - \dfrac{1}{\beta}\right)e^{rt} + \left(1 + \dfrac{1}{\beta}\right)e^{-rt}\right], \\ M_2(t) = \dfrac{M_2}{2}\left[(1-\beta)e^{rt} + (1+\beta)e^{-rt}\right] \end{cases} \qquad (3)$$

де $r = \sqrt{\Lambda_1 \cdot \Lambda_2}$.

Припустимо, що в момент часу t^* у сторони N_1 не залишилось бойових одиниць ($\beta < 1$ – перевага сторони M_2), тобто $N_1(t^*) = 0$, тоді з першого рівня виразу 3 отримаємо:

$$t^* = \frac{1}{2r}\ln\left|\frac{1+\beta}{1-\beta}\right|. \qquad (4)$$

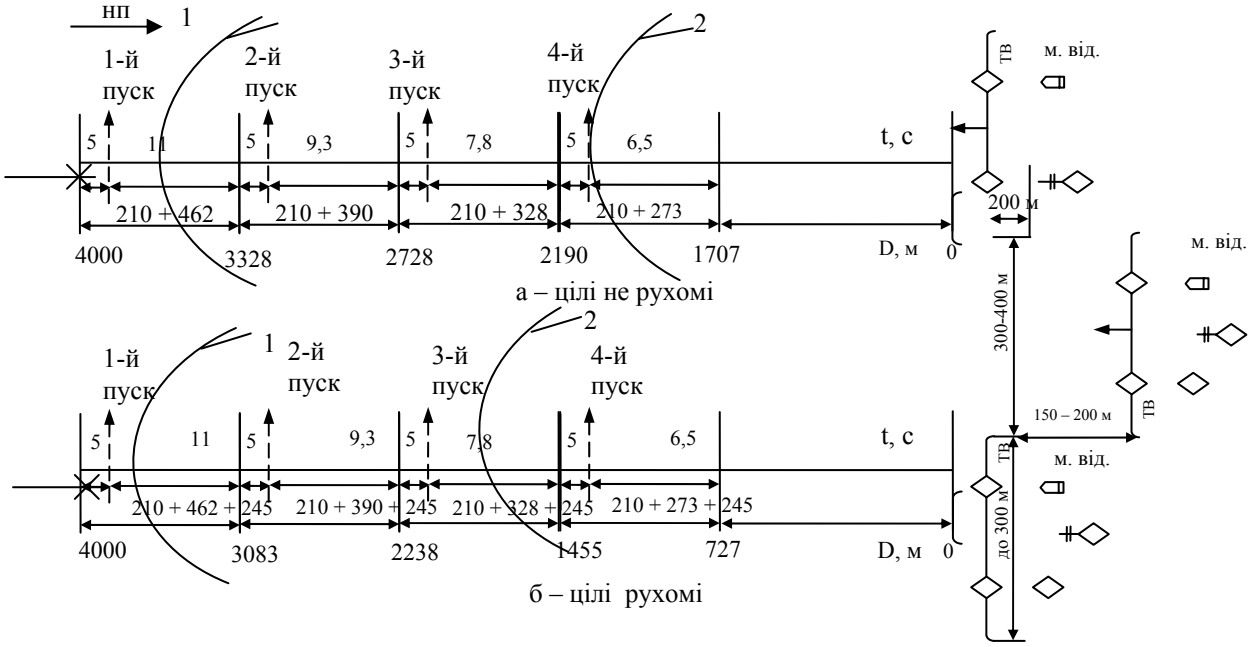

Рис. 2. Витрати часу екіпажем при пусках ПТКР:
1 – зона дії секторних засобів прикриття ППО;
2 – максимальна зона дії індивідуальних засобів ураження танка

За умови, що $\beta > 1$, перевага сторони N_1 – час ведення бою визначається як:

$$t^* = \frac{1}{2r}\ln\left|\frac{1+\beta}{\beta-1}\right|. \qquad (5)$$

Час ведення бою для сторони N_1 з виразу 4 складає 0,69 хв.

Чисельності сторін після закінчення першого етапу за проміжок часу Δt, який визначено з рис. 2, становить 0,56 хв, представлено на рис. 3.

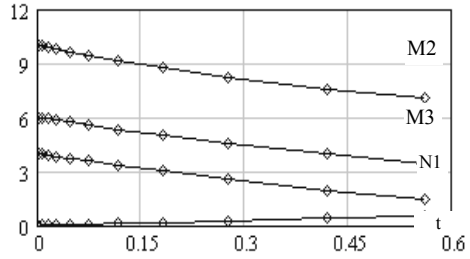

Рис. 3. Чисельності сторін після закінчення другого етапу бою

Другий етап бою описується за допомогою системи диференціальних рівнянь за таких початкових умов: $t = 0$; $N_1 = 1{,}42$; $M_2 = 7$; $M_3 = 3{,}42$; $\lambda_{12} = \lambda_{13} = 1{,}5$ п/хв, $\lambda_{31} = 2$ п/хв; $P_1 = 0{,}65$, $P_3 = 0{,}55$ при висоті польоту вертольота $H = \text{const} = 35 - 50$м в умовах дії завад засобам ППО:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_1(t)}{dt} = -M_2(t)\cdot\lambda_{21}\cdot P_2 - M_3(t)\cdot\lambda_{31}\cdot P_3; \\ \dfrac{dM_2(t)}{dt} = -N_1(t)\cdot\lambda_{12}\cdot P_1; \\ \dfrac{dM_3(t)}{dt} = -N_1(t)\cdot\lambda_{13}\cdot P_1, \end{cases} \qquad (6)$$

де $\lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{21}, \lambda_{31}$ – відповідно інтенсивності пусків протитанкових керованих ракет (ПТКР) з вертольота; керованих ракет з танків; керованих ракет засобів ППО;

P_1, P_2, P_3 – імовірності ураження ПТКР, індивідуальними засобами захисту танків, засобами ППО противника.

Чисельності сторін після закінчення другого етапу бою за проміжок часу $t = 1{,}2$хв (час знищення однієї зі сторін) представлено на рис. 4.

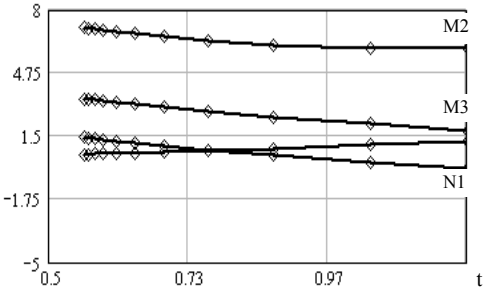

Рис. 4. Чисельності сторін після закінчення другого етапу бою

Із аналізу рис. 4 можливо зробити висновок, що при входженні в зону дії танків (2) інтенсивність втрат більша, ніж у зоні дії засобів ППО. Тому як рекомендація льотному складу час застосування ПТКР не повинен перевищувати 1 хв, однак втрати танків при цьому складають три одиниці. Одним із можливих напрямків збільшення втрат танків є збільшення швидкострільності ПТРК за рахунок введення двоканальної системи прицілювання та наведення при суміщенні циклів стрільби при пусках ПТКР (рис. 5).

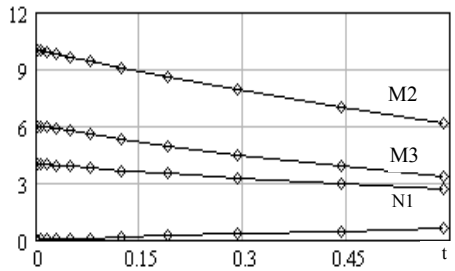

Рис. 5. Чисельності сторін після введення двоканальної системи прицілювання

З аналізу рис. 5 можливо зробити висновок, що при невходженні в зону (2) дії танків швидкість втрат танків при незмінній кількості вертольотів збільшується від 2 до 4, при цьому втрати вертольотів зменшуються.

Висновки

На основі рівняння Ланчестера розраховано сукупність систем диференціальних рівнянь Ланчестера, яка враховує неоднорідність об'єктів участі в бою як з однієї сторони, так і з іншої. Крім цього, з метою наближення моделі до моделі реального бою врахована неодночасність вступлення в бій різних об'єктів з урахуванням початкової кількості об'єктів на момент вступлення в бій. Рекомендовано час перебування вертольотів у зонах уражень та запропоновано режим бойового застосування ПТКР, який дозволяє збільшити кількість уражених цілей при зменшеному часі перебування вертольотів у зонах дій.

Список літератури

1. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1970. – С. 408-422.

2. Основы исследования операций в военной технике / Под ред. Ю.В. Чуева. // М.: Сов. Радио, 1965. – С. 588-591.

3. Справочник по авиационной технике, средствам ПВО, разведывательно-ударным комплексам, средствам обнаружения и разведки, ракетно-ядерному оружию ВС иностранных государств. – Чернигов: ВВС, 1985. – С. 34-36.

4. Довідник з протиповітряної оборони. – К.: МО України, 2003. – 366 с.

Надійшла до редколегії 27.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук проф. Б.О. Демідов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.