

УДК. 629.7.017.1

**МІЦІТІС А.К.**, старший науковий співробітник  
**ХАТУНЦЕВА З.В.**, науковий співробітник

## **ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДАЛЬНЬОГО ПОВІТРЯНОГО БОЮ ДВОХ ВИНИЩУВАЧІВ**

*Розглядається модель дальнього повітряного бою на зустрічних курсах, яка дозволяє визначити області упереджуваної і напівупереджуваної поразки кожного з винищувачів, а також співвідношення площі цих областей, яке може слугувати в якості критерію переваги одного винищувача над іншим*

В плані створення новітніх ракет і модернізації існуючих широке розповсюдження отримали наступні принципи ведення повітряного бою:

« першим побачив – першим вистрелив »;

« першим пустив – першим уразив »;

« вистрелив і забув ».

Реалізацію указаних принципів, вигреш повітряного бою і збереження власного винищувача визначають наступні важливі фактори (тактико-технічні характеристики літака і озброєння):

$v_1, v_2$  – швидкість першого і другого винищувачів відповідно;

$rm_1, rm_2$  – максимальні дальності пуску ракет з першого і другого винищувачів;

$u_1, u_2$  – середні швидкості авіаційних ракет класу “повітря-повітря”, випущених з першого і другого винищувачів;

$dzx_1, dzx_2$  – дальність захвату цілі головою самонаведення (ГСН) ракет, випущених з першого і другого винищувачів.

В залежності від співвідношення приведених тактико-технічних даних винищувачів, що протистоять один одному, можливі такі наслідки повітряного бою:

упереджувана поразка першим (далі за текстом – 1) винищувачем другого (далі за текстом – 2) винищувача до пуску останнім ракети і навпаки;

напівупереджувана поразка 1 винищувачем 2 винищувача до переходу ракети останнього на автономне наведення і навпаки;

взаємне ураження обох винищувачів, коли кожна з ракет, випущених першим і другим винищувачами встигає перейти на автономне наведення до поразки власного літака.

В статті пропонується імітаційна модель розрахунку областей упереджуваної і напівупереджуваної поразки винищувачів в повітряному бою на зустрічних курсах при застосуванні ракет «повітря-повітря», що дозволяє проводити якісний і

кількісний аналіз результатів цього бою. Співвідношення площ цих областей може бути використане в якості критерію переваги першого винищувача над іншим.

В площині, створеній координатними осями в термінах максимальних дальностей пусків ракет  $rm1, rm2$ , побудуємо для кожного наслідку повітряного бою власну область.

На рис.1 представлений один з можливих варіантів розташування цих областей. Окреслимо ці області певними позначками таким чином:

$su1 = su1a + su1b$  – площа упереджуваної поразки 2 винищувача 1 винищувачем.  $su1b$  представляє прямокутник, площа якого при певних співвідношеннях тактико-технічних характеристик винищувачів дорівнює нулю;

$su2 = su2a + su2b$  – площа упереджуваної поразки 1 винищувача 2 винищувачем.  $su2b$  представляє прямокутник, площа якого при певних співвідношеннях тактико-технічних характеристик винищувачів дорівнює нулю;

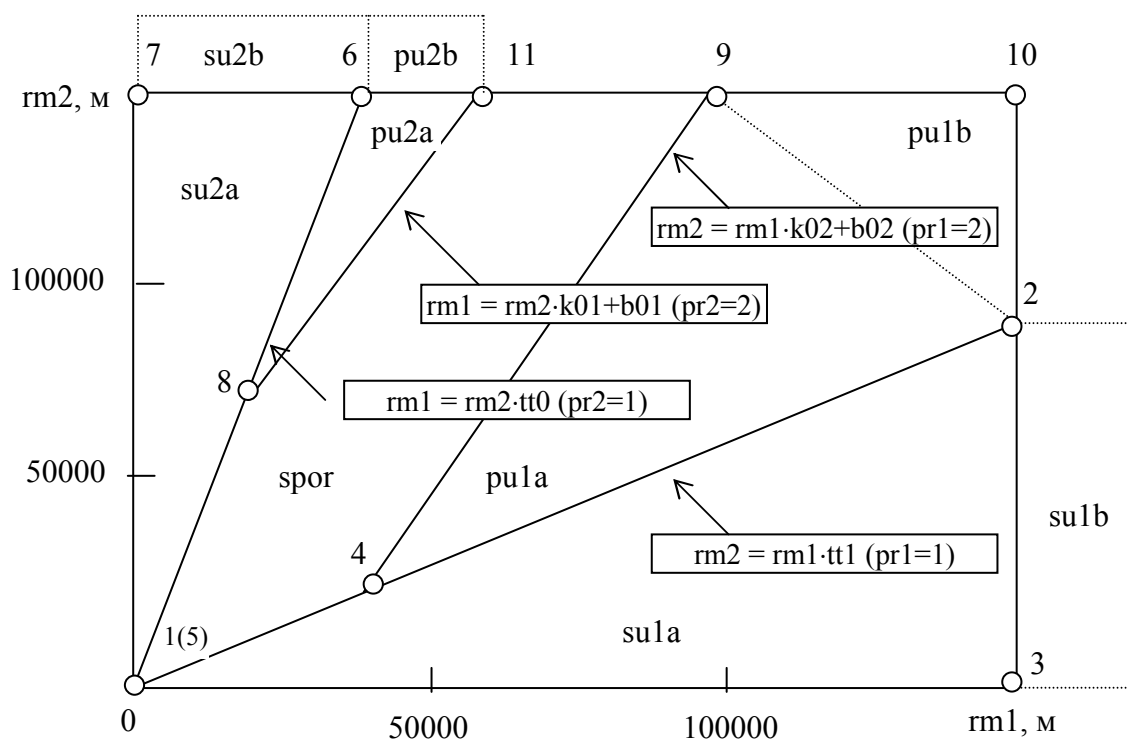


Рис. 1.

$pu1 = pu1a + pu1b$  – площа напівупередженої поразки 2 винищувача 1 винищувачем. В деяких випадках площа  $pu1b$  відсутня;

$pu2 = pu2a + pu2b$  – площа напівупередженої поразки 1 винищувача 2 винищувачем. В деяких випадках площа  $pu2b$  відсутня;

$spor$  – площа взаємної поразки обох винищувачів;

$s1 = su1 + pu1$  – площа поразки 2 винищувача 1 винищувачем;

$s2 = su2 + pu2$  – площа поразки 1 винищувача 2 винищувачем;

$s12o = s1/s2$  – співвідношення площ. Якщо  $s12o > 1$ , 1 винищувач ефективніше 2 винищувача і навпаки.

Розташування областей, представлених на рис.1, отримані за таких вихідних даних:

$$rm1 = rm2 = 140000 \text{ м};$$

$$v1 = v2 = 1728 \text{ км/год};$$

$$u1 = 1760 \text{ м/с};$$

$$u_2 = 750 \text{ м/с};$$

$$d_{zx1} = d_{zx2} = 15000 \text{ м}.$$

Площі областей, указаних на рис. 1, дорівнюють:

$$\begin{aligned} su_{1a} = 5600 \text{ км}^2; \quad su_{1b} = 0; \quad su_1 = 5600 \text{ км}^2; \quad pu_{1a} = 5548,78 \text{ км}^2; \\ pu_{1b} = 1971,96 \text{ км}^2; \quad pu_1 = 7520,73 \text{ км}^2; \quad s_1 = 13120,7 \text{ км}^2; \quad su_{2a} = 2151,22 \text{ км}^2; \quad su_{2b} = 0; \\ su_2 = 2151,22 \text{ км}^2; \quad pu_{2a} = 422,79 \text{ км}^2; \quad pu_{2b} = 0; \quad pu_2 = 422,79 \text{ км}^2; \quad s_2 = 2574,01 \text{ км}^2; \\ spor = 3905,26 \text{ км}^2. \end{aligned}$$

З урахуванням того, що  $s_{120} = 5,09$ , можна судити про те, що 1 винищувач ефективніше 2 винищувача.

На рис. 1 вказані площі розділені прямими лініями  $pr_1=1$ ,  $pr_1=2$ ,  $pr_2=1$ ,  $pr_2=2$ . Так  $pr_1=1$  поділяє площі  $su_{1a}$  і  $pu_{1a}, spor$ ,  $pr_1=2$  поділяє площі  $pu_{1a}$  і  $spor$ ,  $pr_2=1$  – площі  $su_{2a}$  і  $pu_{2a}$ ,  $spor$ ,  $pr_2=2$  – площі  $pu_{2a}$  і  $spor$ .

Запишемо рівняння цих прямих:

$$\text{для } pr_1=1 \quad rm_2 = rm_1 \cdot tt_1;$$

$$\text{для } pr_1=2 \quad rm_2 = rm_1 \cdot k_{02} + b_{02};$$

$$\text{для } pr_2=1 \quad rm_1 = rm_2 \cdot tt_0;$$

$$\text{для } pr_2=2 \quad rm_1 = rm_2 \cdot k_{01} + b_{01},$$

де  $tt_1, tt_0, k_{01}, k_{02}$  – кутові коефіцієнти рівнянь прямих;  $b_{01}, b_{02}$  – вільні члени рівнянь прямих.

Для розрахунку площ указаних областей потрібно знайти координати характерних точок. На рис. 1 ці точки позначені колами і відмічені цифрами по черзі від 1 до 11.

Формули для розрахунку площ указаних областей наведені нижче. Спочатку наведемо вирази для розрахунку кутових коефіцієнтів і вільних членів приведених рівнянь:

$$tt_1 = \frac{u_1 - v_1}{u_1 + v_1}; \quad tt_0 = \frac{u_2 - v_2}{u_2 + v_2}; \quad k_{01} = \frac{(u_2 - v_2)(u_1 + v_2)}{(u_2 + v_2)(u_1 - v_1)},$$

$$k_{02} = \frac{(u_1 - v_1)(u_2 + v_2)}{(u_1 + v_2)(u_2 - v_2)}; \quad b_{01} = -d_{zx1} \frac{v_1 + v_2}{u_1 - v_1}; \quad b_{02} = -d_{zx2} \frac{v_1 + v_2}{u_2 - v_2}.$$

Далі розраховуються координати характерних точок. Введемо позначення: координати на вісі  $rm_1$  позначимо як  $xx$ , а на вісі  $rm_2$  –  $yy$ .

**Точки 1 і 5:**  $xx_1 = xx_5 = 0$ ;  $yy_1 = yy_5 = 0$ .

**Точка 2:** якщо  $rm_2 / tt_1 \leq rm_1$ , то  $xx_2 = rm_2 \frac{u_1 + v_2}{u_1 - v_1}$ , інакше  $xx_2 = rm_1$ ;

якщо  $rm_1 \cdot tt_1 \leq rm_2$ , то  $yy_2 = rm_1 \frac{u_1 - v_1}{u_1 + v_2}$ , інакше  $yy_2 = rm_2$ .

**Точка 3:**  $xx_3 = xx_2$ ;  $yy_3 = 0$ .

**Точка 4:**  $xx_4 = d_{zx2} \frac{u_1 + v_2}{u_1 - v_1}$ ;  $yy_4 = d_{zx2}$ .

**Точка 6:** якщо  $rm_2 \cdot tt_0 \leq rm_1$ , то  $xx_6 = rm_2 \frac{u_2 - v_2}{u_2 + v_2}$ , інакше  $xx_6 = rm_1$ ;

якщо  $rm_1 / tt_0 \leq rm_2$ , то  $yy_6 = rm_1 \frac{u_2 + v_2}{u_2 - v_2}$ , інакше  $yy_6 = rm_2$ .

**Точка 7:**  $xx_7 = 0$ ;  $yy_7 = yy_6$ .

**Точка 8:**  $xx8 = dzx1$ ;  $yy8 = dzx1 \frac{u2 + v1}{u2 - v2}$ .

**Точка 9:** якщо  $rm1 \cdot \kappa02 + b02 \leq rm2$ , то  $yy9 = rm1 \frac{(u1 - v1)(u2 + v1)}{(u1 + v2)(u2 - v2)}$ ,  $xx9 = rm1$ ;

якщо  $rm1 \cdot \kappa02 + b02 > rm2$ , то

$$xx9 = \frac{[rm2(u2 - v2) + dzx2(v1 + v2)](u1 + v2)}{(u1 - v1)(u2 + v1)}, \quad yy9 = rm2.$$

**Точка 10:**  $xx10 = rm1$ ;  $yy10 = rm2$ .

**Точка 11:** якщо  $rm2 \cdot \kappa01 + b01 \leq rm1$ , то

$$xx11 = rm2 \frac{(u2 - v2)(u1 + v2)}{(u2 + v1)(u1 - v1)} - dzx1 \frac{v1 + v2}{u1 - v1}, \quad yy11 = rm2;$$

якщо  $rm2 \cdot \kappa01 + b01 > rm1$ , то

$$xx11 = rm1, \quad yy11 = \frac{[rm1(u1 - v1) + dzx1(v1 + v2)](u2 + v1)}{(u2 - v2)(u1 + v2)}.$$

Площі указаних областей розраховуються за наступними формулами:

$su1a = xx2 \cdot yy2 / 2000000$ . Якщо  $xx2 < rm1$ , то додається площа прямокутника  $su1b = (rm1 - xx2) \cdot yy2 / 1000000$ , інакше  $su1b = 0$ ;

$$pu1a = \left| \frac{(xx2 - xx9)(yy4 - yy9) - (yy2 - yy9)(xx4 - xx9)}{2000000} \right|;$$

$$pu1b = \left| \frac{(xx2 - xx10)(yy9 - yy10) - (yy2 - yy10)(xx9 - xx10)}{2000000} \right|;$$

$$su2a = \left| \frac{(xx5 - xx7)(yy6 - yy7) - (yy5 - yy7)(xx6 - xx7)}{2000000} \right|;$$

якщо  $yy6 < rm2$ , то додається площа прямокутника  $su2b = (rm2 - yy6) \cdot xx6 / 1000000$ , інакше  $su2b = 0$ ;

$$pu2a = \left| \frac{(xx6 - xx11)(yy8 - yy11) - (yy6 - yy11)(xx8 - xx11)}{2000000} \right|;$$

$$pu2b = \left| \frac{(xx6 - xx11)(yy10 - yy11) - (yy6 - yy11)(xx10 - xx11)}{2000000} \right|;$$

$$spor = \frac{rm1 \times rm2}{1000000} - s1 - s2.$$

Повітряний бій винищувачів є одним із основних елементів бойового застосування авіації в сучасних умовах. Наслідки повітряного бою і збереження літака-носія у вирішальному ступені залежать від співвідношень характеристик зброї і винищувачів. Так, при застосуванні винищувачами ракет, що не мають істотної якісної різниці, найбільш імовірним наслідком повітряного бою при тактиці зближення є взаємна поразка винищувачів. Тому для виграшу повітряного бою і збереження власного літака потрібно застосування зброї зі значно вищими, ніж у противника, бойовими можливостями. Це все потребує застосування нових, в тому числі нетрадиційних технічних рішень при розробці ракет та їх елементів для збільшення факторів енергетики і автономності.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Давидов А.Н., Кузнецова Т.П., Панкратов О.Н. Ракеты класса “воздух-воздух” – основной инструмент завоевания превосходства в воздухе истребителями // Вестник авиации и космонавтики. – 2006. – № 5. – С.53-57.

2. Системы управления вооружением истребителей. Основы интеллекта многофункционального самолета. / Под ред. академика РАН Е.А. Федосова.-М.: Машиностроение, 2005.

3. Состояние и перспективы развития оружия класса “воздух-воздух” для самолетов 5-го поколения: Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников. / Под общей ред. академика РАН Е.А. Федосова.-НИЦ ФГУП ”ГосНИИАС”, 2004.

*Надійшла до редакції 29.10.2009*