

УДК 355.45

С.П. Лещенко, С.І. Бурковський, О.М. Жарик, О.І. Бобикіна

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОЦІНКА ІМОВІРНІСНИХ ПОКАЗНИКІВ МОЖЛИВОСТЕЙ ПО ПРИКРИТТЮ ВИЗНАЧЕНИХ ОБ'ЄКТІВ ВИНИЩУВАЛЬНОЮ АВІАЦІЄЮ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ МОДЕЛЮВАННЯ БОЙОВИХ ДІЙ «ВІРАЖ-РД»

В статті розглядаються методика і наводяться приклади розрахунку імовірнісних показників можливостей винищувальної авіації по прикриттю визначених об'єктів, що реалізовані в програмному комплексі моделювання бойових дій Повітряних Сил «Віраж-РД».

Ключові слова: винищувальна авіація, прикриття об'єктів, показники якості, перехоплення повітряних цілей, бойові можливості.

Вступ

В [1] в якості імовірнісних показників наводяться: імовірність знищення поодинокі цілі, математичне сподівання кількості знищених цілей, потрібний наряд винищувачів. Наведені в [1] розрахункові співвідношення для визначення вказаних показників носять загальний характер і не враховують залежність імовірнісних показників від просторових. При розрахунках просторових показників не враховується вплив деяких важливих факторів, а саме: вплив рельєфу місцевості на можливості радіолокаційного виявлення цілей, а також вплив перешкод та величини ефективної поверхні розсіювання цілі, варіант озброєння винищувача, кваліфікація екіпажу, тощо. Одним з завданням, що було поставлено при розробці програмного комплексу розіграшу ведення бойових дій Повітряних Сил «Віраж-РД» [2] було втілення розрахунку бойових можливостей винищувальної авіації, з урахуванням впливу зазначених вище факторів.

Метою статті є розробка методики виконання розрахунків імовірнісних показників можливостей винищувальної авіації.

Основна частина

1. Методика розрахунку імовірнісних показників

В якості імовірнісних показників можливостей винищувальної авіації в комплексі «Віраж-РД» розраховуються:

- максимальна кількість атак (стрільб), що може бути виконана винищувачем;
- математичне сподівання кількості збитих цілей;
- імовірність знищення заданої кількості цілей;
- потрібний наряд винищувачів для знищення з заданою імовірністю заданої кількості цілей.

Перелічені імовірнісні показники суттєво залежать від просторових показників (рубежу перехоплення, що реалізується та визначеним рубезем знищення повітряного противника). Тому, спочатку необхідно виконати розрахунок просторових показників. Детальний опис порядку розрахунку просторових показників в комплексі «Віраж-РД» наведено в [3]. Розрахунок виконується з врахуванням впливу рельєфу, наявності завад, ефективної поверхні розсіювання цілі, типу винищувача, його підвіски та заданих режимів польоту. Розрахунок імовірнісних показників, як і просторових, виконується окремо, для кожного напрямку виходу цілі на об'єкт прикриття.

Для винищувача з одноканалним радіолокаційним прицілом, кількість атак співпадає з кількістю стрільб. Винищувач з багатоканальним прицілом може в одній атаці здійснити декілька стрільб. Максимальна кількість атак залежить від часу на ведення бою, наявності палива та боскомплекту винищувача. Максимальний час на ведення бою визначається

$$T_a = (R_{rp} - R_o) / V_c, \quad (1)$$

де R_{rp} – розраховане значення рубезу перехвату в напрямку, що аналізується; R_o – заданий рубіж зни-

щення повітряного противника; V_c – швидкість цілі.

Максимальна кількість атак, виходячи з наявного балансу часу визначається

$$N_T = T_b / T_a \quad (2)$$

де T_a – час, що потрібен на одну атаку.

Час однієї атаки

$$T_a = T_{180} + T_{pr}, \quad (3)$$

де T_{180} – час розвороту винищувача на 180° , T_{pr} – час на прицілювання.

Час розвороту

$$T_{180} = \pi / g N_{max}, \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння, N_{max} – максимальне перенавантаження, що витримує винищувач обраного типу.

Час на прицілювання визначається класною кваліфікацією екіпажа (льотчика).

При дії винищувача з аеродрому паливо на ведення бою визначається

$$m_b = m - m_z - m_a - m_n - m_p, \quad (5)$$

де m – маса заправки винищувача, m_z – маса палива, що випрацьовується на землі, m_a – аварійний резерв палива, m_n – навігаційний резерв палива, m_p – паливо, що виробляється на політ до розрахованого рубежу перехоплення та повернення на аеродром, з врахуванням заданих режимів польоту.

При дії винищувача з зони чергування в повітрі паливо на ведення бою на момент початку чергування визначається

$$m_b = m - m_z - m_a - m_n - m_{pz} - m_p, \quad (6)$$

де m_{pz} – маса палива на політ винищувача на політ з аеродрому до зони чергування, m_p – маса палива на політ з зони чергування до розрахованого рубежу перехоплення та повернення на аеродром посадки.

При дії винищувача з зони чергування в повітрі паливо на ведення бою на момент закінчення чергування визначається

$$m_b = m - m_z - m_a - m_n - m_{pz} - m_d - m_p, \quad (7)$$

де m_d – паливо, що витрачається на політ в зоні чергування.

Максимальна кількість атак, виходячи з наявного балансу палива визначається

$$N_m = m_b / m_a, \quad (8)$$

де m_a – паливо, що витрачається на одну атаку, та розраховується

$$m_a = m_{180} + m_{pr}, \quad (9)$$

де m_{180} – маса палива, що витрачається на розворот винищувача на 180° , m_{pr} – маса палива, що витрачається винищувачем на етапі прицілювання. Вказані витрати палива розраховуються згідно з виразами

$$m_{180} = Q_{pf} T_{180}, \quad (10)$$

$$m_{pr} = Q_{gp} T_{pr}, \quad (11)$$

де Q_{pf} – часові витрати палива на режимі роботи двигунів «повний форсаж», Q_{gp} – часові витрати

палива на режимі горизонтального польоту для визначених значень висоти, швидкості, маси та показника лобового опору.

Слід зазначити, що наявні баланси по часу на ведення бою, та паливо на ведення бою несуть взаємно протилежний характер. Якщо точка перехоплення буде максимально віддалена від визначеного рубежу знищення, баланс часу буде максимальним, але баланс по паливу мінімальним, та навпаки.

Максимальна кількість атак, виходячи з наявного боєкомплекту винищувача з одноканальним прицілом визначається

$$N_{bk} = N_r + N_g, \quad (12)$$

де N_r – кількість ракет «повітря-повітря» на винищувачі, N_g – максимальна кількість черг з гармати. Наявність відповідної зброї враховується тільки у випадках, коли імовірність поразки цілі більш нуля. Наприклад, ракети з інфрачервоною головкою самонаведення не можуть використовуватися по повітряним кулям. В цьому випадку кількість стрільб необхідно зменшувати на кількість ракет вказаного типу.

При виконанні розрахунків в якості максимально можливої кількості атак N_a приймається мінімальне значення з розрахованих N_T , N_m та N_{bk} .

Розрахувавши максимальну кількість атак, визначається максимальна кількість стрільб N_{st} . Для винищувачів з одноканальним прицілом кількість стрільб співпадає з кількістю атак. Винищувач, що має багатоканальний приціл може в одній атаці обстріляти ракетами кількість цілей, що дорівнює кількості каналів прицілу. При застосуванні гармати в одній атаці уражається тільки одна ціль назалежно від можливостей прицілу. Таким чином, кількість стрільб, що може бути здійснена винищувачем з багатоканальним прицілом може бути більше ніж кількість атак.

Математичне сподівання кількості знищених цілей розраховується згідно виразу

$$M = \sum_{i=1}^{N_{st}} p_j(i), \quad (13)$$

де $p_j(i)$ – імовірність поразки цілі озброєнням j -того типу. При використанні виразу (13) має значення порядок підстановки значень $p_j(i)$. Вважається що винищувач спочатку використовує ракети. Застосування гармати здійснюється після вичерпання ракет. Якщо винищувач несе ракети декількох типів, то спочатку застосовуються ракети, що мають більше значення імовірності поразки. Розраховане таким чином значення математичного сподівання кількості знищених цілей не враховує коефіцієнт технічної готовності винищувача та імовірність успішного наведення пунктом наведення, тобто характеризує максимальні можливості винищувальної авіації.

Розрахунок імовірності ураження заданої кіль-

кості цілей виконується згідно з функцією біноміального розподілу. В найпростішому випадку - рівної імовірності поразки цілі різними видами зброї винищувача зазначена імовірність розраховується згідно виразу

$$P(N_{\delta}) = \sum_{i=N_{\delta}}^{N_{st}} C_{N_{st}}^i \cdot p^i \cdot (1-p)^{N_{st}-i}, \quad (14)$$

де $C_{N_{st}}^i = \frac{N_{st}!}{i!(N_{st}-i)!}$ - біноміальні коефіцієнти; p - імовірність поразки цілі за одну стрільбу, N_{st} - задана для поразки кількість цілей.

Але на практиці імовірність поразки цілі різними видами озброєння винищувача різна і дорівнює p_j , де j - тип озброєння. Тоді, для випадку озброєння винищувача K типами озброєння імовірність поразки N_{δ} цілей дорівнює

$$P(N_{\delta}) = \sum_{i_1=0}^{N_{st1}} \sum_{i_2=0}^{N_{st2}} \dots \sum_{i_K=0}^{N_{stK}} A \cdot P_1(i_1) \cdot P_2(i_2) \cdot \dots \cdot P_K(i_K), \quad (15)$$

де $A = \begin{cases} 1, & \text{якщо } N_{\delta} \leq i_1 + i_2 + \dots + i_K, \\ 0, & \text{якщо } N_{\delta} > i_1 + i_2 + \dots + i_K, \end{cases}$

$$P_j(i) = C_{N_{stj}}^i \cdot p_j^i \cdot (1-p_j)^{N_{stj}-i}.$$

Використовуючи методику розрахунку імовірності знищення заданої кількості цілей розраховується потрібний наряд винищувачів для знищення заданої кількості цілей з заданою імовірністю. Розрахунок виконується ітераційним шляхом. Спочатку розраховується імовірність знищення одним винищувачем. Якщо імовірність менше заданої, кількість винищувачів зростає на одиницю і знову розраховується імовірність. Розрахунки повторюються до досягнення заданої імовірності знищення.

2. Приклад виконання розрахунків

Для ілюстрації використання викладеної методики в програмному комплексі «Віраж-РД» розглядався той же випадок, що розглядався в [3], а саме умовне прикриття м. Черкаси винищувальною авіацією з аеродрому базування. Видачу радіолокаційної інформації здійснював умовний радіотехнічний батальйон з трьома підлеглими ротами. Розрахунки виконувалися для наступних вихідних даних: Прикриття забезпечується винищувачем МиГ-29, що несе чергування в стані бойової готовності №1. Винищувач несе дві ракети Р-27, чотири ракети Р-73 та підвісний паливний бак ємністю 1500 літрів. Аварійний запас палива 200 кг, Запас палива на ведення бою 1000 кг, навігаційний запас 7%, на землі випрацьовується 200 кг палива. Висота польоту на перехоплення 5000 м при швидкості 1150 км/г. Висота повернення на аеродром 10000 м при швидкості 900 км/г. В радіотехнічному батальйоні розвідка ведеться РЛС 5Н87, в радіолокаційних ротах РЛС П-18, 35Д6 та 19Ж6. Час затримки видачі радіолокаційної інформації 20 с. Час на прийняття рішення 60 с. Швидкість польоту цілі з ефективною поверхнею розсіювання аналогічною літаку МиГ-21 - 900 км/ч, висота польоту 5000 м. Рубіж знищення було визначено на відстані 25 км від центру об'єкту прикриття. Розрахунки виконувалися як при відсутності так і при наявності активних завад. Спектральна щільність потужності завади 30 Вт/МГц в метровому діапазоні та 60 Вт/МГц в сантиметровому діапазоні. Висота польоту постановника завад 8000 м.

Результати розрахунку просторових можливостей по перехопленню наведено на рис. 1. Результати виконання розрахунку імовірнісних показників наведено на рис. 2 - 7 в залежності від напрямку виходу цілі на об'єкт прикриття.

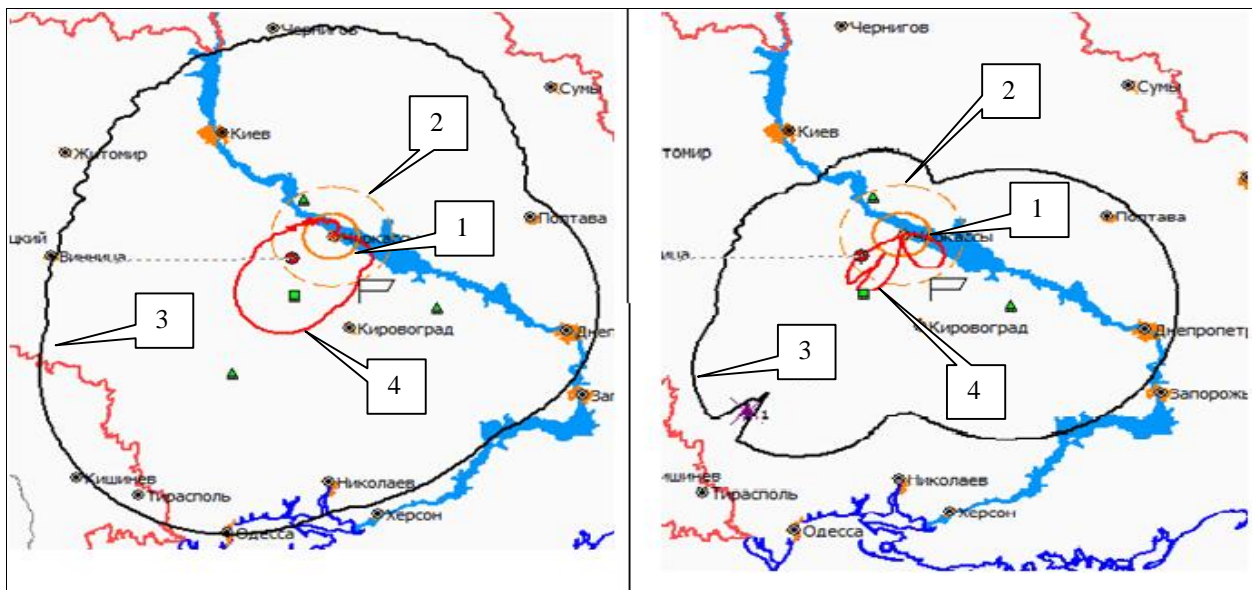


Рис. 1. Розраховані просторові показники: а - без впливу завад; б - при наявності завад; 1 - заданий рубіж знищення, 2 - розрахований рубіж введення в бій, 3 - радіолокаційне поле що реалізується, 4 - рубіж перехоплення що реалізується.

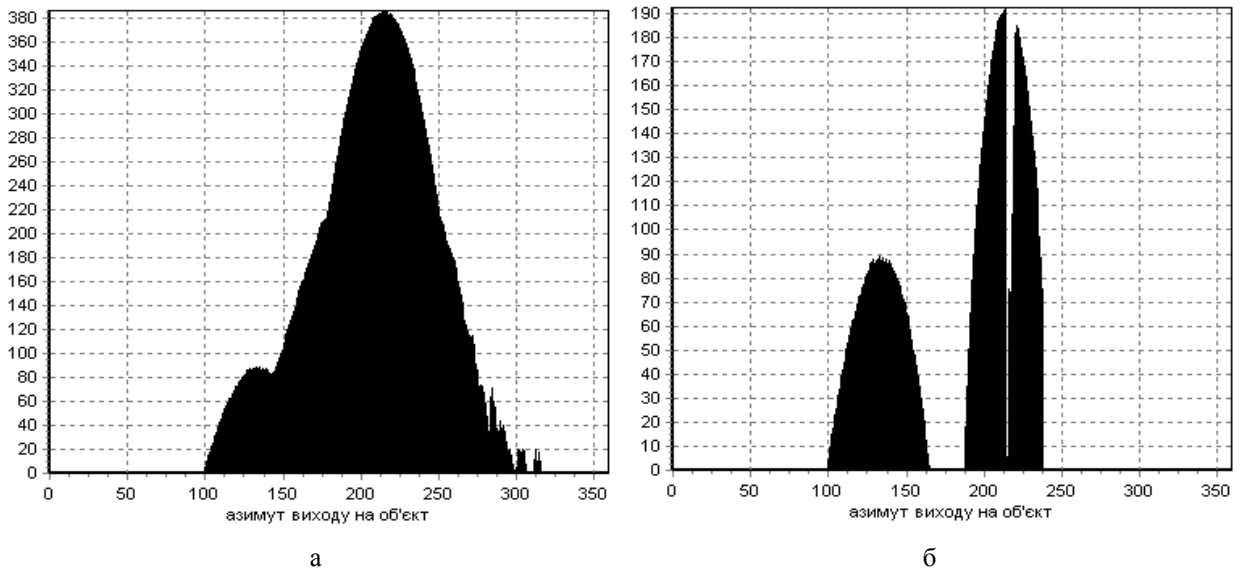


Рис. 2. Час на ведення бою (сек). а – без впливу завад, б – при наявності завад

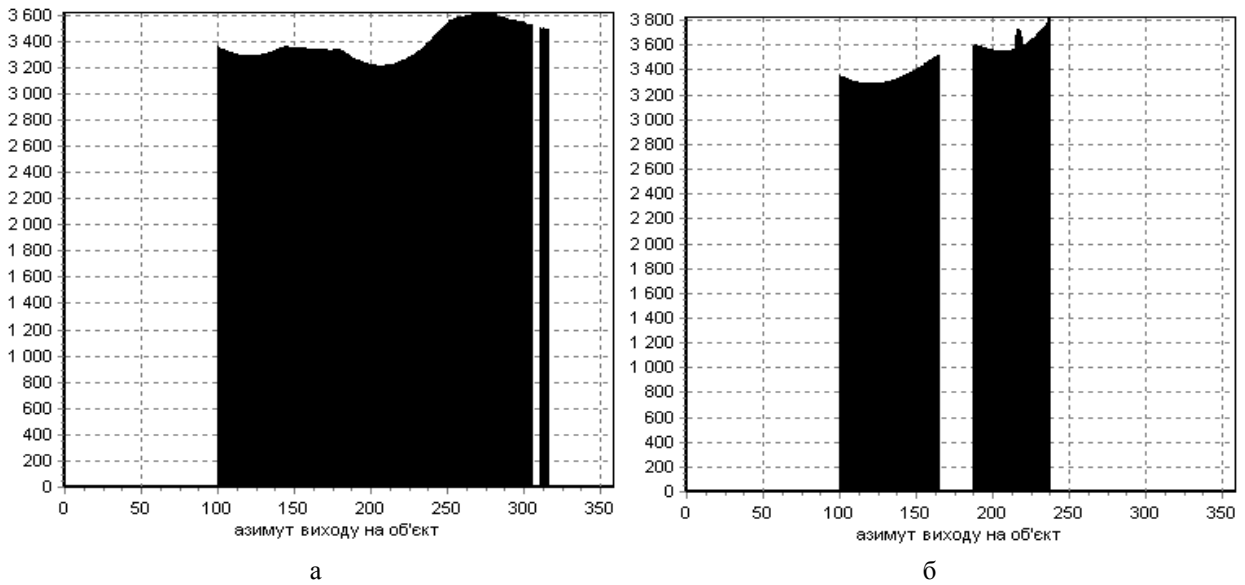


Рис. 3. Паливо на ведення бою (кг). а – без впливу завад, б – при наявності завад

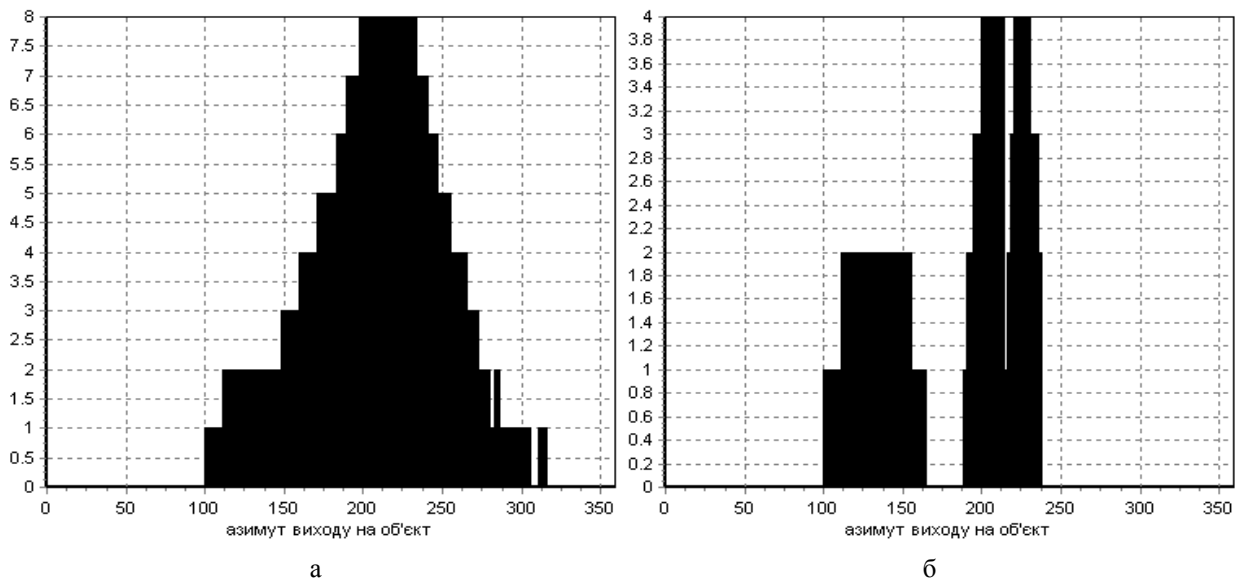


Рис. 4. Кількість стрільб. а – без впливу завад, б – при наявності завад

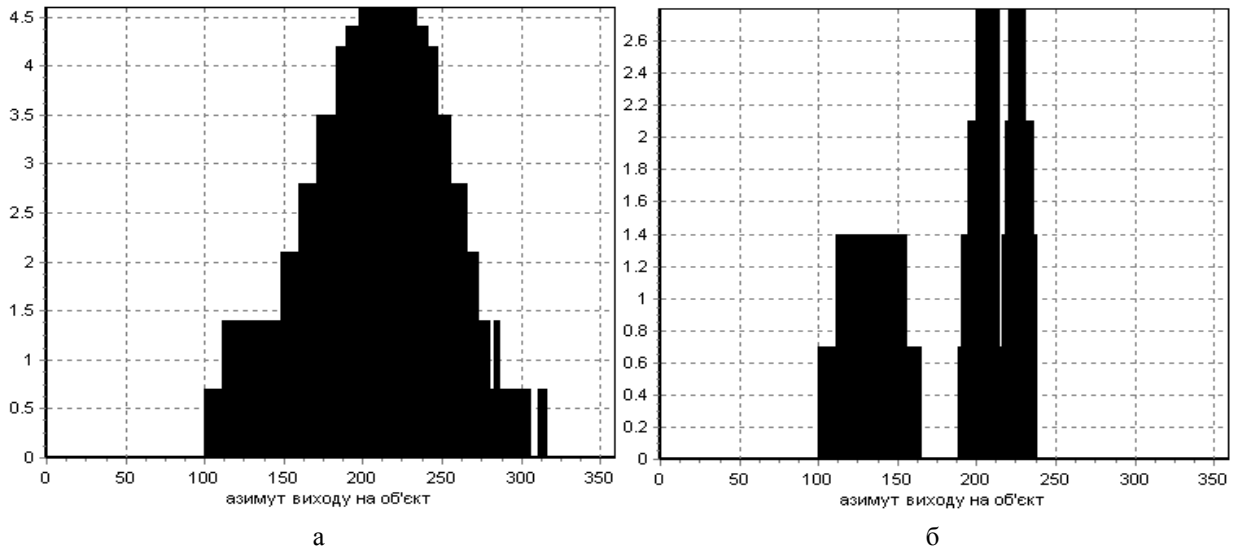


Рис. 5. Математичне сподівання кількості знижених цілей. а – без впливу завад, б – при наявності завад

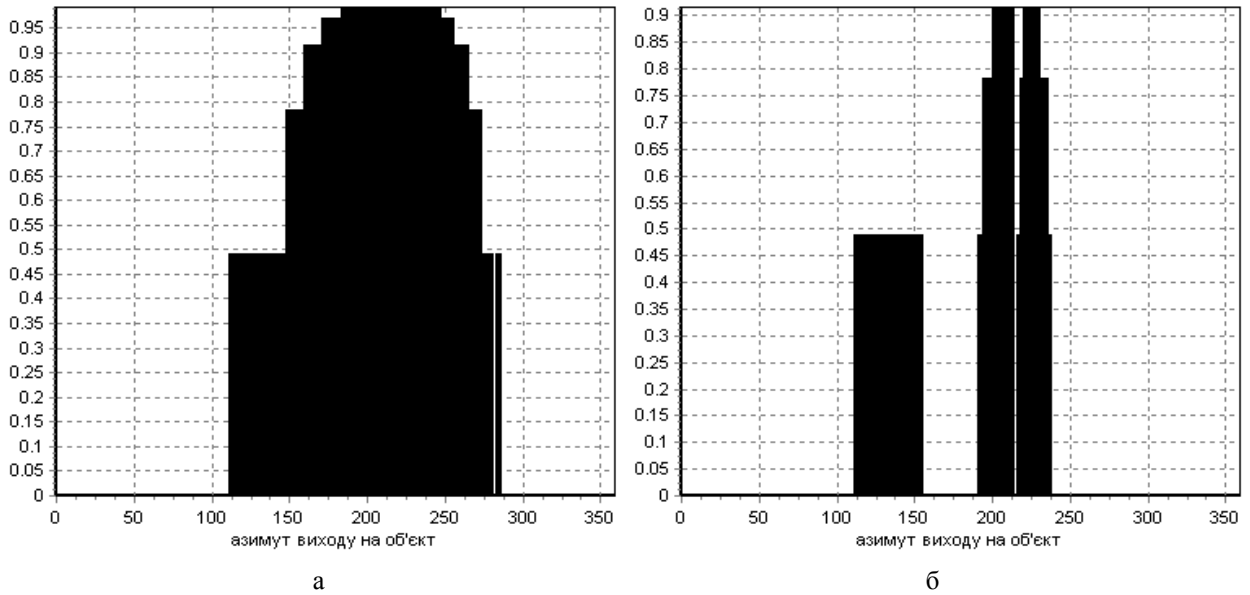


Рис. 6. Імовірність знищення поодинокі цілі. а – без впливу завад, б – при наявності завад

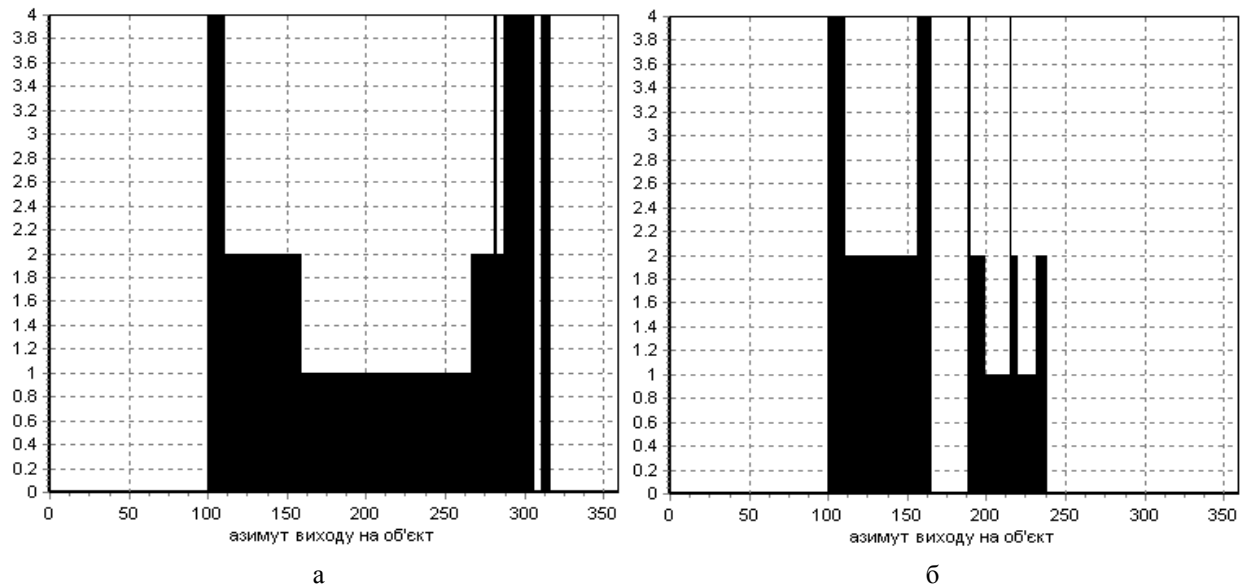


Рис. 7. Потрібний наряд для знищення поодинокі цілі з імовірністю не менше 0.8.
а – без впливу завад, б – при наявності завад

В табл. 1 наведено результати розрахунку імовірності поразки заданої кількості цілей одним винищувачем в залежності від підготовки льотчика та заводової обстановки для азимуту виходу цілі на об'єкт прикриття 210°, де забезпечуються найбільші можливості винищувальної авіації.

Таблиця 1
Імовірність поразки одним винищувачем

Кількість цілей	Без завод		При наявності завод	
	Льотчик 1 класу	Льотчик 3 класу	Льотчик 1 класу	Льотчик 3 класу
1	1	1	0,99	0,99
2	0,99	0,99	0,97	0,91
3	0,96	0,94	0,84	0,65
4	0,87	0,78	0,53	0,24
5	0,64	0,49	0,17	0
6	0,36	0,18	0	0
7	0,13	0,02	0	0
8	0,03	0	0	0
9	0,004	0	0	0

В табл. 2 наведено результати розрахунку потрібного наряду винищувачів з льотчиками 3 класу для знищення заданої кількості цілей з імовірністю 0.8 для азимутів виходу цілі на об'єкт прикриття 210° та 110°.

Таблиця 2
Потрібний наряд винищувачів

Кількість цілей	Без завод		При наявності завод	
	210°	110°	210°	110°
1	1	2	1	2
2	1	4	1	4
3	1	5	2	5
4	2	7	2	7
5	2	8	2	8
6	2	10	3	10
7	2	12	3	12
8	3	13	4	13
9	3	15	4	15
10	3	16	4	16

ВИСНОВОК

Розроблені та реалізовані в програмному комплексі «Віраж_РД» методи розрахунку можливостей винищувальної авіації по прикриттю визначених об'єктів дозволяють враховувати більшість факторів, що впливають на перехоплення повітряних цілей та суттєво підвищити точність та оперативність виконання тактичних розрахунків можливостей авіації.

Список літератури

1. Моделирование боевых действий войск (сил) противоповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
2. Лещенко С.П. Моделирующий комплекс ведения боевых действий воздушными силами / С.П. Лещенко, С.И. Бурковский, М.П. Батурицкий // Системы озброєння і військова техніка: науковий журнал. – 2011. – № 2 (26). – С. 75-79.
3. Лещенко С.П. Оцінка просторових показників можливостей по прикриттю визначених об'єктів винищувальною авіацією в програмному комплексі моделювання бойових дій «Віраж-РД» / С.П. Лещенко, С.И. Бурковский, І.М. Олійник, О.В. Александров // Наука і техніка Повітряних сил збройних сил України: науково-технічний журнал – 2011. – № 2 (6). – С. 13-18.

Надійшла до редколегії 14.10.2011

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

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИКРЫТИЯ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИЕЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ «ВИРАЖ-РД»

С.П. Лещенко, С.И. Бурковский, А.М. Жарик, О.И. Бобыкина

В статье рассматриваются методика и приводятся примеры расчета вероятностных показателей возможностей истребительной авиации по прикритию определенных объектов, которые реализованы в программном комплексе моделирования боевых действий Воздушных Сил «Вираж-РД».

Ключевые слова: истребительная авиация, прикрытие объектов, показатели качества, перехвата воздушных целей, боевые возможности.

AN ESTIMATION OF PROBABILISTIC INDEXES OF PROTECTION POSSIBILITIES OF CERTAIN OBJECTS FIGHTER AIRCRAFT IS IN PROGRAMMATIC COMPLEX OF OPERATIONS MODELING «VIRAZH-RD»

S.P. Leschenko, S.I. Burkovskiy, O.M. Zharik, O.I. Bobykina

In the article examined method and examples of calculation of probabilistic indexes of possibilities of fighter aircraft are made on the protection of certain objects which are realized in the programmatic complex of design of battle actions of Aircrafts of «VIRAZH-RD».

Keywords: fighter aircraft, protection of objects, indexes of quality, intercept of air aims, battle possibilities.