

УДК 355.45

С.П. Лещенко¹, С.І. Бурковський¹, І.М. Олійник², О.В. Александров¹

¹ Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

² Центр оперативно-тактичних досліджень Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

ОЦІНКА ПРОСТОРОВИХ 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 просторових 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

Визначення просторових показників можливостей винищувальної авіації (ВА) наведено в [1, 2]. До просторових показників відносять область бойового впливу, область (рубіж) знищення повітряного противника, рубіжі введення в бій, рубіжі підйому винищувачів. Наведені в зазначених монографіях розрахункові співвідношення для визначення вказаних показників не забезпечують врахування деяких важливих факторів, а саме: залежність з достатньою точністю радіусу дії винищувача в залежності від його типу, підвіски, висоти та швидкості польоту на різних ділянках виконання завдання; вплив рельєфу місцевості на можливості радіолокаційного виявлення цілей, а також вплив перешкод та величини ефективної поверхні розсіювання цілі, тощо.

Одним з завдань, що було поставлено при розробці програмного комплексу розіграшу ведення бойових дій Повітряних Сил «Віраж-РД» [3], було втілення розрахунку бойових можливостей винищувальної авіації, з урахуванням впливу зазначених вище факторів. Метою статті є розробка методики виконання розрахунків просторових показників можливостей винищувальної авіації.

Основна частина

Методика розрахунку просторових показників

Прийнято вважати, що область вогневого впливу визначається тактичним радіусом дії винищувача. Але тактичний радіус не є постійною величиною і може змінюватися в разі при зміні підвіски, наявності підвісних паливних баків, профілю польоту. Раніш для виконання розрахунків використовували декілька «характерних» значень тактичного радіусу дії винищувача, але такий підхід досить грубий. В програмному «Віраж-РД» для розрахунку тактично-

го радіусу використовуються відповідні номограми розрахунку витрат палива для визначених типів літаків. Витрати палива залежать від поточних значень маси, показника лобового опору, висоти та швидкості польоту. Детальний опис виконання розрахунків бойових можливостей винищувачів «по паливу», тобто області бойового впливу, при дії як з аеродрому, так і з зони чергування в повітрі наведено в [4]. Для випадку несення чергування в повітрі розраховується максимальний термін чергування винищувача в зоні, та його бойові можливості на моменти початку та закінчення чергування.

На бойові можливості винищувальної авіації, крім запасу палива, суттєвий вплив здійснюють взаємне положення аеродрому (зони чергування в повітрі) та об'єкту прикриття, параметри радіолокаційного поля на висоті польоту цілі, швидкості перехоплювача та цілі, час затримки інформації в РТВ, час на прийняття рішення, стан бойової готовності винищувачів на аеродромі, рельєф місцевості.

Розрахунки бойових можливостей винищувальної авіації розраховуються відносно координат об'єкту, що повинен бути прикритий. В результаті рішення задачі розраховуються:

- а) рубіж введення винищувачів в бій;
- б) рубіж підйому винищувачів;
- в) мінімальний потрібний рубіж видачі радіолокаційної інформації;
- г) потрібний рубіж видачі радіолокаційної інформації для повної реалізації можливостей винищувача «по паливу»;
- д) рубіж видачі радіолокаційної інформації, що реалізується;
- е) рубіж перехоплення, що реалізується;
- ж) рубіж перехоплення на час початку несення чергування в повітрі, що реалізується;
- з) рубіж перехоплення на час закінчення чергування в повітрі, що реалізується.

Показники ж) та з) розраховуються тільки для випадку чергування винищувачів в повітрі.

Перші три показника не залежать від типу винищувача та реальних параметрів радіолокаційного поля, а задають директивні вимоги для забезпечення прикриття визначеного об'єкту.

Вихідними даними для проведення розрахунків є:

- тип винищувача, варіант його озброєння та заправки паливом;
- маса палива, що виробляється на землі;
- резерви палива (аварійний запас, навігаційний запас, запас на чергування, резерв палива на ведення бою);
- висота та швидкість атаки цілі;
- висота та швидкість повернення на аеродром посадки;
- список дозволених для посадки аеродромів;
- аеродром зльоту;
- для випадку розрахунку перехоплення з аеродрому ступінь бойової готовності;
- для випадку розрахунку перехоплення з стану чергування в повітрі координати центру зони чергування, висота та швидкість польоту до зони чергування та в зоні чергування;
- координати об'єкту прикриття;
- рубіж знищення повітряного противника R_o ;
- висота та швидкість цілі H_c, V_c ;
- час затримки інформації в РТВ T_{rtv} ;
- час на прийняття рішення T_r ;
- час на ведення повітряного бою T_b .

Розглянемо порядок розрахунку перших трьох показників. Рубіж введення в бій представляє собою коло з центром, що співпадає з координатами об'єкту прикриття. Радіус кола розраховується згідно формули:

$$R_{vb} = R_o + V_c T_b. \quad (1)$$

Рубіж підйому винищувачів розраховується ітераційним шляхом для кожного напрямку окремо з кроком 1° по азимуту. Рубіж підйому визначається положенням цілі відносно об'єкту прикриття на віддалені, при якому забезпечується зустріч винищувача і цілі на рубезі введення в бій при заданих швидкостях цілі та винищувача, координатах аеродрому зльоту винищувача і ступеню бойової готовності або координатах центру зони чергування в повітрі. Віддалення кожної i -тої точки рубезу підйому (i -й поточний азимут) від рубезу знищення розраховується за формулою:

$$R_{pv}(i) = R_{vb} + V_c (T_{bg} + T_i), \quad (2)$$

де T_{bg} – час зльоту винищувача з заданого ступеню бойової готовності;

T_i – час польоту винищувача від аеродрому зльоту (центру зони чергування) до i -ї точки рубезу введення в бій.

Мінімальний потрібний рубіж видачі радіолокаційної інформації визначається відносно об'єкту прикриття за формулою:

$$R_{mrli}(i) = R_{pv}(i) + V_c (T_{rtv} + T_r). \quad (3)$$

Рішення задачі розрахунку можливостей по перехопленню, що реалізуються, здійснюється в два етапи. На першому етапі розраховуються можливості по здійсненню перехоплення виходячи з запасів палива [4].

Результати розрахунку можливостей «по паливу» визначають максимальні можливості винищувача і використовуються для розрахунку потрібного рубезу видачі радіолокаційної інформації.

Потрібний рубіж видачі радіолокаційної інформації визначається відносно об'єкту прикриття і розраховується ітераційним шляхом для кожного напрямку окремо з кроком 1° по азимуту чисельним методом. Потрібний рубіж визначається положенням цілі відносно об'єкту прикриття на віддалені, при якому забезпечується зустріч винищувача і цілі на рубезі максимальної досяжності винищувача «по паливу» при заданих швидкостях цілі та винищувача, координатах аеродрому зльоту винищувача і ступеню бойової готовності або координатах центру зони чергування в повітрі. Потрібний рубіж видачі радіолокаційної інформації для визначеного азимуту розраховується за наступним алгоритмом:

а) знаходяться координати точки перетину прямої, що будується від об'єкту прикриття в напрямку, яка відповідає заданому значенню азимуту з розрахованою лінією досяжності винищувача «по паливу». Якщо об'єкт прикриття знаходиться всередині області, обмеженої радіусом досяжності винищувача «по паливу», то завжди існує тільки одна така точка перетину. Якщо об'єкт прикриття знаходиться поза області, обмеженої радіусом досяжності винищувача «по паливу», можливі три ситуації: знаходиться дві точки перетину, одна точка перетину, нема жодної точки перетину. Якщо знайдено дві точки, до розрахунків буде виконуватися для точки, що більш віддалена від об'єкту прикриття. Якщо не існує жодної точки перетину, то перехоплення цілі з цього напрямку не може бути здійснено «по паливу» за будь-яких умов, тобто нема сенсу пред'являти на цьому напрямку вимоги для параметрів радіолокаційного поля. Винос потрібного рубезу видачі радіолокаційної інформації з такого напрямку відносно об'єкту прикриття дорівнює нулю;

б) розраховується час T_{pol} , який потрібен винищувачу для польоту в визначену точку перетину. Час розраховується з урахуванням заданої швидкості винищувача, координат аеродрому зльоту або центру зони чергування, часу що потрібен для виконання зльоту, виходячи з заданого ступеню бойової готовності (при дії з аеродрому);

в) від точки перетину в сторону зворотному азимуту, що аналізується, будується вектор довжиною $L = V_c(T_{pol} + T_{rtv})$. Координати кінця вектору визначають точку потрібного рубежу видачі радіолокаційної інформації для визначеного азимуту.

Рубіж видачі радіолокаційної інформації, що реалізується, також розраховується ітераційним шляхом чисельним методом відносно об'єкту прикриття. Алгоритм розрахунку для визначеного азимуту (напряму) працює наступним чином. Береться точка на віддаленні від об'єкту прикриття, де гарантовано не забезпечується виявлення цілі підрозділами РТВ (в програмі – 1500 км). Перевіряється умова виявлення цілі на заданій висоті підрозділами РТВ з урахуванням профілю рельєфу місцевості. Якщо виявлення не забезпечується, дальність зменшується на 1 км в сторону об'єкту прикриття і розрахунки повторюються. В якості рубежу видачі радіолокаційної інформації, що реалізується, береться максимальна дальність точки, де забезпечується виявлення цілі підрозділами РТВ. Методика розрахунку дальності виявлення цілей з заданим значенням ефективною поверхні розсіювання, в залежності від профілю місцевості, тактико-технічних характеристик радіолокаційних станцій, наявності штучних перешкод потребує окремого розгляду.

Рубіж перехоплення R_{rp} , що реалізується, розраховується ітераційним шляхом чисельним методом відносно об'єкту прикриття для кожного азимуту окремо за наступним алгоритмом:

а) будується трикутник перехоплення та розраховуються координати точки зустрічі винищувача і цілі за умови: початкове положення цілі співпадає з точкою рубежу видачі радіолокаційної інформації що реалізується, для азимуту що аналізується; напрямок польоту цілі – об'єкт прикриття; початкове положення винищувача – аеродром зльоту або центр зони чергування в повітрі. При розрахунках точки зустрічі враховується час на зліт літака з аеродрому, виходячи з заданого ступеню бойової готовності, час затримки видачі інформації в РТВ, час на прийняття рішення;

б) якщо умови наявності точки зустрічі не виконуються, вважається, що з даного напрямку прикриття об'єкту не забезпечується. При наявності точки зустрічі винищувача та цілі аналізується її положення відносно визначеної раніше дальності дії винищувача «по паливу». Якщо точка зустрічі знаходиться всередині зони обмеження «по паливу», то її координати визначають точку рубежу перехоплення, що реалізується. Якщо точка зустрічі знаходиться поза зони обмеження «по паливу», то точка рубежу перехоплення, що реалізується, визначаються обмеженнями винищувача «по паливу».

Відповідно до цього розраховуються рубежі перехоплення, що реалізуються на начало та кінець чергування.

В якості чисельних показників виконання завдання розглядаються:

- термін чергування в повітрі;
- коефіцієнт реалізації можливостей винищувача;
- коефіцієнт прикриття об'єкту.

Термін чергування розраховується, виходячи з відстані від аеродрому зльоту до центру зони чергування, відстані від центру зони чергування до аеродрому посадки, висоти та швидкості польоту в зону чергування, в зоні чергування та на маршруті повернення, типом літака та варіантом підвіски, заправкою палива і визначеними резервами палива. Змінюючи резервні запаси палива, змінюються можливості винищувача по перехопленню на кінець чергування та термін чергування.

Зокрема, при збільшенні резерву палива скорочується термін чергування, але зростають можливості по перехопленню на кінець чергування. Якщо резерв на чергування встановити рівним нулю, то термін чергування буде максимальним, але можливості по перехопленню цілей на кінець чергування будуть дорівнювати нулю.

Коефіцієнт реалізації можливостей винищувача розраховується за формулою:

$$K_{rmv} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{R_{rp}(i)}{R_p(i)}, \quad (4)$$

де $R_{rp}(i)$ – віддалення рубежу перехоплення, що реалізується в напрямку i -го азимуту від об'єкту прикриття;

$R_p(i)$ – віддалення рубежу перехоплення цілей «по паливу» від об'єкту прикриття;

N – кількість розрахованих азимутальних напрямків.

Таким чином, коефіцієнт реалізації можливостей характеризує усереднене скорочення рубежів перехоплення, що реалізуються відносно максимальних рубежів «по паливу».

Враховуючи те, що рубежі по перехопленню цілей розраховуються на початок та кінець чергування, то й коефіцієнт реалізації можливостей розраховується на початок та кінець чергування.

Коефіцієнт прикриття об'єкту розраховується за формулою:

$$K_{po} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{po}(i), \quad (5)$$

$$K_{po}(i) = \begin{cases} 1, & R_{rp}(i) \geq R_{vb}, \\ \frac{R_{rp}(i) - R_0}{R_{vb} - R_0}, & R_0 \leq R_{rp}(i) < R_{vb}, \\ 0, & R_{rp}(i) < R_0. \end{cases} \quad (6)$$

де $R_{pr}(i)$ – віддалення рубежу перехоплення, що реалізується в напрямку i -го азимуту від об'єкту прикриття; $R_{вб}$ – віддалення рубежу введення в бій винищувача від об'єкту прикриття; N – кількість розрахованих азимутальних напрямків.

Таким чином, якщо $K_{po}=1$, то забезпечується перехоплення цілі на відстані, що перевищує рубіж введення в бій з любого напрямку дії цілі. Введений показник відрізняється від коефіцієнту реалізації просторових показників різномірних сил [5] урахуванням крім рубежу знищення повітряного противника рубежу введення в бій.

Враховуючи те, що рубежі по перехопленню цілей розраховуються на початок та кінець чергу-

вання, то й коефіцієнт прикриття розраховується на початок та кінець чергування.

Приклад виконання розрахунків

Для ілюстрації використання викладеної методики в програмному комплексі «Віраж-РД» розглядався варіант умовного прикриття м. Черкаси винищувальною авіацією з аеродрому базування. Видачу радіолокаційної інформації здійснював умовний радіотехнічний батальйон з трьома підлеглими ротами.

Розташування об'єкту прикриття, аеродрому та підрозділів радіотехнічних військ показано на рис. 1.

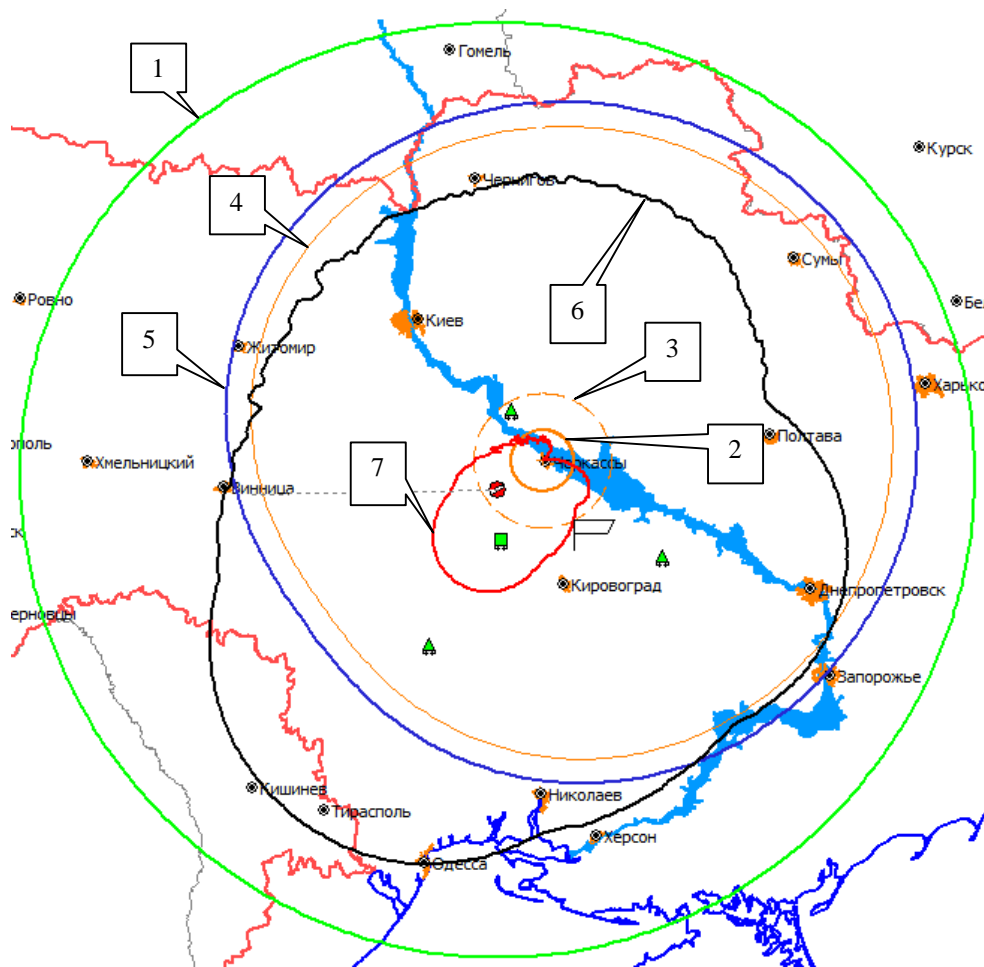


Рис. 1. Результат розрахунку просторових можливостей за умови відсутності впливу перешкод та висоти польоту цілі МиГ-21 на висоті 5000 м

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 900 км/ч. Рубіж знищення було визначено на відстані 25 км від центру об'єкту прикриття.

Розглядалися два типу цілей: літак МиГ-21 та «крилата ракета», що виконують політ на різних висотах. Було прийнято, що ефективна поверхня розсіювання (ЕПР) літака МиГ-21 приймає значення 2 м^2 , 2.75 м^2 та 5 м^2 відповідно в сантиметровому, дециметровому та метровому діапазонах хвиль. ЕПР крилатої ракети була задана 0.1 м^2 , 0.14 м^2 та 0.25 м^2 .

Розрахунки виконувалися як при відсутності, так і при наявності активних перешкод.

На рис. 1 наведено результат розрахунку просторових можливостей по прикриттю визначеного об'єкту для випадку польоту цілі типу МиГ-21 на висоті 5000 м.

На рис. 1 крива 1 визначає радіус дії винищувача по запасу палива, крива 2 – визначений рубіж знищення, крива 3 – рубіж введення в бій винищувачів, крива 4 – рубіж підйому, крива 5 – потрібний рубіж видачі радіолокаційної інформації, крива 6 – рубіж видачі радіолокаційної інформації, що реалізується, крива 7 – рубіж перехоплення, що реалізується.

На рис. 2 наведено діаграми з розрахованими значеннями коефіцієнту прикриття для цілей МиГ-21 та «крилата ракета» в залежності від висоти польоту.

При виконанні розрахунків в умовах впливу активних перешкод вважалося, що перешкоди ставляться одним постановником. Спектральна щільність потужності перешкоди 30 Вт/МГц в метровому діапазоні та 60 Вт/МГц в сантиметровому діапазоні. Висота польоту постановника перешкод 8000 м. Результат розрахунку просторових можливостей по цілі МиГ-21, що виконує політ на висоті 5000 м для цього випадку наведено на рис. 3.

На цьому ж рисунку показано положення постановника перешкод (ПАЗ).

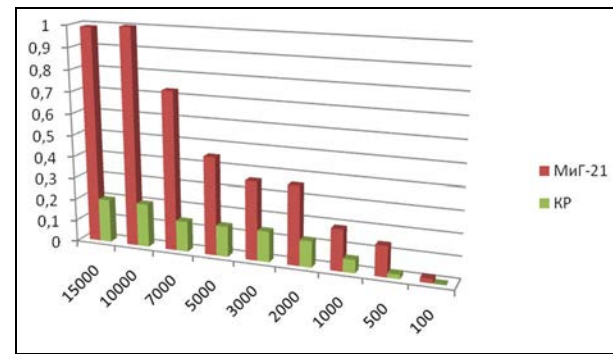


Рис. 2. Розраховані значення коефіцієнту прикриття при відсутності перешкод

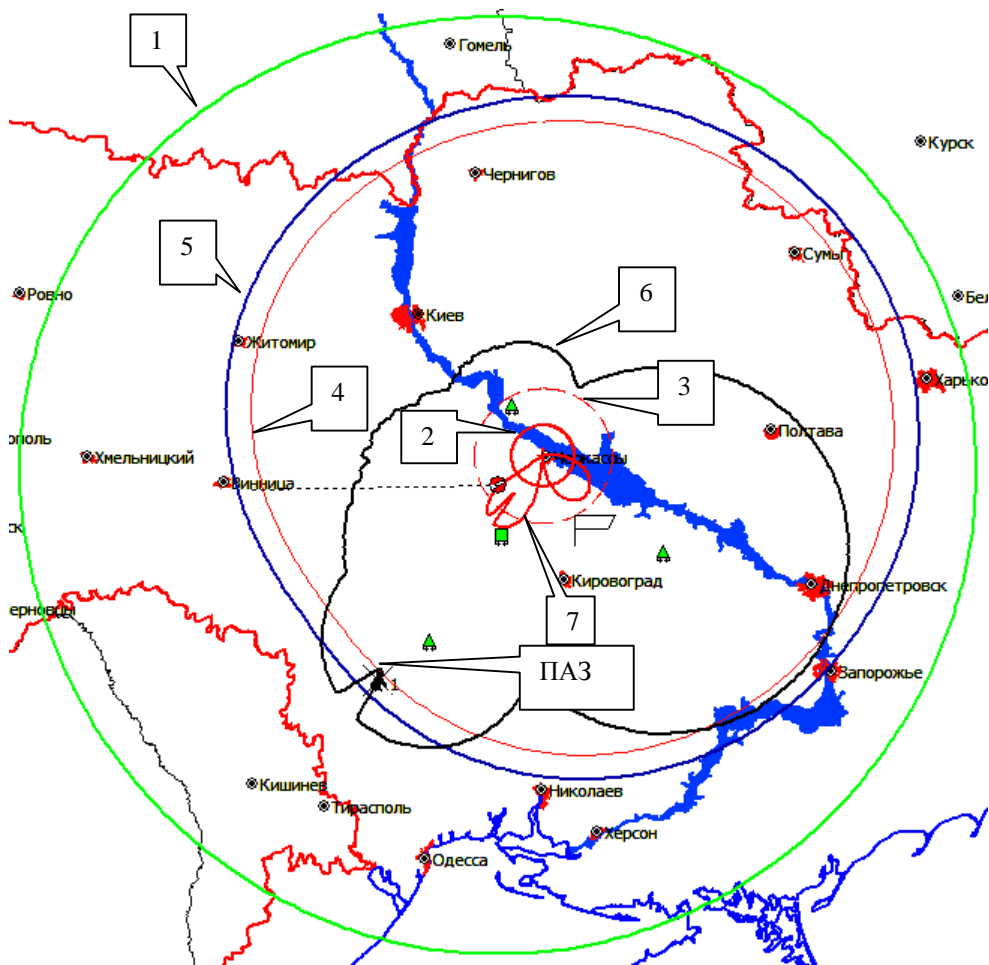


Рис. 3. Результат розрахунку просторових можливостей за умови впливу перешкод та висоти польоту цілі МиГ-21 на висоті 5000 м

Розрахунок коефіцієнту прикриття показав, що по цілі типу «крилата ракета» в умовах впливу перешкод Кро = 0 для будь якої висоти польоту.

Діаграма розрахованих значень Кро для літака типу МиГ-21 наведена на рис. 4.

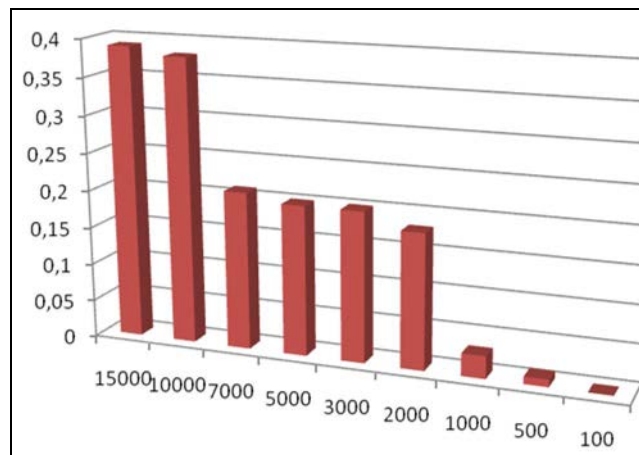


Рис. 4. Розраховані значення коефіцієнту прикриття при наявності перешкод

Висновки

Розроблені та реалізовані в програмному комплексі «Вираж_РД» методи розрахунку просторових 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 по визначенню можливостей винищувальної авіації.

Список літератури

1. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торпчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Данник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х: ХВУ, 2003. – 368 с.
2. Моделирование боевых действий войск (сил) протиповітряної 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.

3. Леценко С.П. Моделирующий комплекс ведения боевых действий воздушными силами / С.П. Леценко, С.И. Бурковский, М.П. Батурицкий // Системы озброєння і військова техніка: науковий журнал. – 2011. – № 2(26). – С. 75-79.

4. Леценко С.П. Методы расчета радиусов применения авиации в системе моделирования боевых действий Воздушных Сил «Вираж-РД» // Системы управління, навігації та зв'язку: збірник наукових праць. – К.: ДП «ЦНДІ НіУ», 2010. – Вип. 2(14). – С. 183-186.

5. Оніщенко С.І. Підходи до вибору критеріїв оцінювання якості прикриття важливих державних об'єктів / С.І. Оніщенко, О.М. Жарик, В.В. Коваль, Д.В. Дяченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал. – 2011. – №. 1(5). – С. 4-7.

Надійшла до редколегії 7.10.2011

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

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПО ПРИКРЫТИЮ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИЕЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ «ВИРАЗЖ-РД»

С.П. Леценко, С.И. Бурковский, И.Н. Олейник, А.В. Александров

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

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

ESTIMATION OF SPATIAL INDEXES OF POSSIBILITIES ON PROTECTION OF CERTAIN OBJECTS FIGHTER AIRCRAFT IN PROGRAMMATIC COMPLEX OF DESIGN OF BATTLE ACTIONS OF «VIRAZH-RD»

S.P. Leschenko, S.I. Burkovskiy, I.M. Oleynik, O.V. Aleksandrov

In the article examined method and examples of calculation of spatial 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.