

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДІЙ ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

к.т.н. Е.Н. Бабак, к.т.н. О.М. Колеснік, Д.Ю. Свистунов  
(подав д.т.н., проф. О.І. Сухаревський)

*Обґрунтовується методика розрахунку просторових параметрів поля наведення винищувальної авіації. Методика дозволяє проводити оцінку ефективності радіолокаційного забезпечення бойових дій авіації.*

Побудова такої складної інформаційної системи як Єдина система радіолокаційної розвідки та контролю повітряного простору в Україні потребує проведення оцінки ефективності радіолокаційного забезпечення дій споживачів радіолокаційної інформації. Найбільш складною задачею є оцінка просторових показників бойових можливостей винищувальної авіації з урахуванням якості радіолокаційного забезпечення. До просторових показників бойових можливостей авіації, як відомо, відносяться: кінематичне поле та поле наведення. Кінематичне поле характеризує область повітряного простору, у межах якого можливе знищення повітряних цілей; воно в значній мірі залежить від параметрів польоту цілі та винищувача. Границі кінематичного поля визначаються положенням рубежів знищення цілей, що розраховуються в залежності від профілю польоту винищувача, швидкості цілі та винищувача, напрямку польоту повітряної цілі відносно аеродрому базування винищувачів. При цьому кінематичне поле повинно знаходитись у межах радіолокаційного поля, яке створюється засобами радіолокаційної розвідки.

Радіолокаційне поле потрібно для виявлення повітряних цілей та рішення задачі наведення на них винищувачів. Як відомо, під полем наведення розуміється область повітряного простору, у межах якого можливе наведення винищувачів на повітряні цілі по наявній радіолокаційній інформації [1]. Розміри поля наведення визначаються розмірами радіолокаційного поля, в межах якого радіолокаційна інформація відповідає вимогам по точності та достовірності, а також дальністю дії засобів радіозв'язку пункту наведення винищувачів (границями поля управління).

Як видно, інформаційні можливості системи РЛР при забезпеченні бойових дій винищувальної авіації необхідно оцінювати за допомогою просторових параметрів поля наведення. Тому розглянемо методику, що дозволяє зв'язати просторові параметри радіолокаційного поля угруповання засобів радіолокаційної розвідки із вимогами до точності та достовірності радіолокаційної інформації, що використовується для наведення винищувачів. Тим самим методика може дозволити розраховувати параметри поля наведення

випишувачів з урахуванням потрібної якості радіолокаційної інформації.

Для розробки методики розрахунку просторових параметрів поля наведення будемо використовувати відомий показник бойових можливостей винищувальної авіації – імовірність наведення  $P_H$ , який визначає імовірність появи повітряної цілі в межах зони пошуку бортової РЛС при виведенні винищувача у розраховану точку повітряного простору.

При цьому будемо враховувати, що: 1) дальність дії засобів розпізнавання на середніх і великих висотах, де вплив рельєфу місцевості слабкий, не менше дальності дії РЛС, з якими засоби держрозпізнавання сполучаються, тому поле держрозпізнавання при визначенні характеристик поля наведення можна не враховувати; 2) успіх кожного окремого наведення істотно залежить від того, з якими помилками винищувач буде виведений у розрахункову точку на заключному етапі наведення по наявних радіолокаційних даних.

Розглянемо розрахункові співвідношення, які потрібні для розрахунку поля наведення винищувачів. Для спрощення розрахунків покладемося, що помилки по дальності, курсу і висоті при виведенні винищувача в розрахункову точку незалежні і розподілені по нормальному закону, так що

$$P_H = \Phi(\Delta Q_{\text{доп}}/\sigma_Q) \cdot \Phi(\Delta H_{\text{доп}}/\sigma_H), \quad (1)$$

де  $\Phi(x)$  – функція Лапласа;  $\Delta Q_{\text{доп}}$ ,  $\Delta H_{\text{доп}}$  – припустимі помилки наведення по курсу і висоті;  $\sigma_Q$ ,  $\sigma_H$  – середньоквадратичні помилки контуру наведення по цих же координатах.

Значення  $\Delta Q_{\text{доп}}$ ,  $\Delta H_{\text{доп}}$  відомі або розраховуються для конкретних перехоплювачів і умов наведення. Якщо  $\Delta Q_{\text{доп}}$ ,  $\Delta H_{\text{доп}}$  та  $\sigma_H$  визначені, то задаючи необхідне значення  $P_H$ , можна знайти для кожної РЛС граничне віддалення точки наведення (границю поля наведення винищувача, де очікується задана імовірність наведення) від точки стояння РЛС, при якому помилки визначення координат не будуть перевищувати необхідних значень.

Фактичні помилки наведення по курсу складаються зі статистично незалежних помилок радіолокаційної інформації, штурманських розрахунків і пілотування та визначаються як

$$\sigma_Q = \sqrt{\sigma_{Q_{\text{РЛ}}}^2 + \sigma_{Q_{\text{ШТ}}}^2 + \sigma_{Q_{\text{ПЛ}}}^2}, \quad (2)$$

де  $\sigma_{Q_{\text{РЛ}}}$ ,  $\sigma_{Q_{\text{ШТ}}}$ ,  $\sigma_{Q_{\text{ПЛ}}}$  – середньоквадратичні помилки РЛІ, штурманських розрахунків і пілотування відповідно, причому, помилки штурманських розрахунків по пілотуванню, як правило, не перевищують 1...3 градусів.

Формули для перерахування значень  $\sigma_{Q_{\text{РЛ}}}$  у відповідні середньоквадратичні помилки РЛС по площинних координатах  $\sigma_{x,y_{\text{РЛ}}}$  залежать від значень кутів перехоплення. Для малих кутів перехоплення, близьких до 0 чи 180°, що характерно при наведенні з передньої чи задньої півсфери, формула перерахування має вигляд [2]:

$$\sigma_{Q_{\text{РЛ}}} = \sigma_{x,y_{\text{РЛ}}} \cdot \left( 80 \cdot \sqrt{R_0^2 + V_{\text{ц}} \cdot R_0 \cdot t_k + V_{\text{ц}}^2 \cdot t_k} \right) / (V_{\text{ц}} \cdot R_0 \cdot t_k), \quad (3)$$

де  $\sigma_{x,y_{РЛЛ}}$  – середньоквадратичні значення кругової помилки РЛЛ по площинних координатах;  $R_6$  – дальність виявлення цілі бортовим прицілом винищувача;  $V_{ц}, V_{п}$  – швидкості польоту цілі і перехоплювача відповідно;  $t_k$  – інтервал часу між окремими командами наведення.

Значення  $\sigma_{x,y_{РЛЛ}}$  може бути розраховано, якщо відомі точність вимірювання дальності ( $\sigma_D$ ) та азимуту ( $\sigma_\beta$ ) та дальність від РЛС до точки наведення винищувача ( $D$ ):

$$\sigma_{x,y_{РЛЛ}} = \sqrt{\sigma_D^2 + \left(D \cdot \left(\frac{\sigma_\beta^0}{57,3}\right)\right)^2}. \quad (4)$$

Як видно з співвідношень (1...4), формулювання обмежень до поля наведення з погляду забезпечення необхідної імовірності окремого наведення повинно вироблятися в ході рішення багатопараметричної задачі з урахуванням типів РЛС, характеристик контуру наведення, типів і швидкостей цілей та перехоплювача й дозволяє визначити, на якому граничному віддаленні  $D$  від РЛС забезпечується необхідна (не менш, ніж задана) імовірність наведення (наприклад,  $P_n = 0.9$ ).

Якщо ціль не маневрує по висоті, то  $\sigma_n = \sigma_{n_{РЛЛ}}$  і для заданих  $\Delta H_{доп}$  та  $\sigma_n$  значення інтеграла  $\Phi(\Delta H/\sigma_n) \cong 1$ , так що  $P_n \cong \Phi(\Delta Q_{доп}/\sigma_Q)$ .

З формул (3, 4) отримаємо

$$D \leq \frac{57.3}{\sigma_\beta} \sqrt{\frac{V_{п} \cdot R_6 \cdot t_k \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta Q_{доп}}{\arg F(P_n)}\right)^2 - \sigma_{Q_{шт}}^2 - \sigma_{Q_{шл}}^2}}{80 \cdot \sqrt{R_6^2 + V_{ц} \cdot R_6 \cdot t_k + V_{ц}^2 \cdot t_k^2}} - \sigma_D^2}, \quad (5)$$

де  $\arg F(P_n) = \arg F(\Delta Q_{доп}/\sigma_Q)$ .



Рис. 1. Залежність імовірності наведення винищувача від дальності до РЛС

У якості прикладу на рис. 1 наведені залежності імовірності наведення від граничної дальності наведення  $P_n(D_n)$  для фронтového винищувача та винищувача-перехоплювача ППО.

На рис. 1 наведені залежності  $P_n(D_n)$ : для РЛС метрового діапазону хвиль і винищувача-перехоплювача (крива 1) та фронтového винищувача (крива 2); для

РЛС сантиметрового діапазону хвиль та винищувача-перехоплювача

(крива 3) і фронтового винищувача (крива 4).

Розрахунки показали, що для забезпечення заданої якості наведення винищувачів-перехоплювачів по РЛП від РЛС метрового діапазону хвиль доцільно використовувати інформацію при видаленні точки наведення від місця стояння РЛС до 120 км (крива 1). Для більших дальностей потрібна якість наведення може бути забезпечена лише за допомогою РЛС сантиметрового діапазону довжин хвиль. Для проведення розрахунку поля наведення пропонується наступний порядок: 1) для заданого угруповання засобів РЛР розраховується поле виявлення винищувача зазначеного типу, яке створюється обраним угрупованням засобів; 2) розраховується припустиме видалення точок наведення винищувача  $D_n$  від точок стояння окремих РЛС, на яких ще забезпечуються необхідні значення імовірності наведення; 3) проводиться розрахунок зон виявлення для заданого угруповання радіолокаційних засобів, при обмеженні дальності виявлення винищувача величиною  $D_n$ . На тих висотах, де зони виявлення по дальності більше  $D_n$ , вони зменшуються до  $D_n$ ; 4) після обмеження величиною  $D_n$  окремі зони виявлення РЛС поєднуються в поле наведення і методом вкладення трьох полів (виявлення, управління, наведення) знаходиться область повітряного простору на заданій висоті польоту винищувача, у будь-якій точці якого буде забезпечена необхідна якість рішення задачі наведення винищувача-перехоплювача на ціль.

Запропонована методика була апробована на КШН та реалізована на ПЕОМ, що дозволяє автоматизованим способом розраховувати поле наведення для заданого угруповання засобів радіолокаційної розвідки. Методика може бути використана для формулювання вимог до просторових параметрів інтегрованого радіолокаційного поля Єдиної системи радіолокаційної розвідки та оцінки ефективності інформаційного забезпечення дій винищувальної авіації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.
2. Кравченко Н.И., Зубарев А.И., Зюкин В.Ф. Основы построения и оценки боевой эффективности систем вооружения радиотехнических войск. Ч. 1. Конспект лекций. – Х: ВИРТА, 1976. – 394 с.

Надійшла 10.07.2002

**БАБАК Едуард Нектарійович**, канд. техн. наук, доцент, провідний науковий співробітник наукового центру при ХВУ. В 1957 році закінчив АРТА ППО. Область наукових інтересів – удосконалення радіотехнічних систем та комплексів, дослідження шляхів підвищення їх ефективності.

**КОЛЕСНИК Олександр Миколайович**, канд. техн. наук, заст. нач. відділу наукового центру при ХВУ. В 1993 році закінчив Воронежське ВВІУРЕ. Область наукових інтересів – удосконалення застосування радіотехнічних систем, геоінформаційні технології.

**СВИСТУНОВ Дмитро Юрійович**, ад'юнкт наукового центру при ХВУ. В 1995 році закінчив ХВУ за програмою ВІРТА ППО. Область наукових інтересів – удосконалення застосування радіотехнічних систем, геоінформаційні технології.