

УДК 681.51

А.В. Чернятьєв, О.І. Бабенко, І.Л. Костенко

*Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків*

**ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТОЧНОСТІ ПОЛЬОТУ ЛІТАКІВ  
ПО МАРШРУТУ НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИЯВЛЕННЯ ЕКІПАЖАМИ ОБ'ЄКТІВ  
У РАЙОНІ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ**

*При оцінці результатів виявлення об'єктів екіпажами літаків під час дії у районі виконання завдання за призначенням додатково враховуються можливості системи радіотехнічного забезпечення польотів авіації.*

*літак, радіотехнічне забезпечення польотів авіації, навігаційна система, лінія заданого шляху, точність польоту по маршруту, середня квадратична помилка, місцеположення літального апарата*

**Вступ**

**Постановка проблеми в загальному вигляді.**  
Одним з основних завдань екіпажів є вивід літального апарата в район виконання завдання з точніс-

тю, що забезпечить своєчасне виявлення об'єктів і їх ураження з першої атаки. В умовах протидії об'єктові ППО протидіюючої сторони та вимушеного маневрування літаків точність виходу в район об'єкта знижується.

При неточному виході літака існуючі способи дій та можливості екіпажів з виявлення об'єктів можуть не забезпечити атаку з першого заходу. Виконання повторної атаки об'єктів знижає фактор раптової, що веде до додаткових втрат літаків. У результаті чого виконання завдання екіпажами може бути зірвано зовсім.

Уникнути такого розвитку подій можливо за умови забезпечення достатньої точності виходу на об'єкт. Однак при цьому екіпажі літаків зіштовхуються з рядом протиріч. По-перше, протиріччя між необхідністю витримування заданих маршрутів польоту для забезпечення ураження об'єкта з першого заходу і відсутністю необхідної інформації про позиції вогневих засобів ЗРК, положення зон РЕБ та зон дії винищувальної авіації системи ППО протиборствуючої сторони. По-друге, протиріччя між необхідністю витримування заданих параметрів польоту літаків по маршруту для зниження втрат літаків і недостатніми можливостями засобів, що забезпечують літаководіння. Отже, перспектива виконання екіпажами літаків завдання за призначенням стає не очевидною.

Таким чином, при оцінці очікуваних результатів виходу літаків у район виконання завдання та виявлення об'єктів необхідно враховувати фактор впливу точності польоту по маршруту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** дозволяє зробити висновок про те, що існує ряд моделей та методик прогнозу й оцінки результатів дій екіпажів літаків у районі виконання завдання за призначенням [1, 2]. В існуючих моделях та методиках показники результатів дій екіпажів враховують значну кількість факторів та параметрів, які впливають на процес виконання завдання. Це дозволяє досить точно виконувати оцінку прогнозованих результатів дій екіпажів. Однак у цих моделях та методиках точність польоту літаків по маршруту враховується на основі спрощених коефіцієнтних або графоаналітичних розрахунків, що не дає можливості стверджувати про достатність одержуваних значень для якісного виконання завдання за призначенням. У свою чергу, існуючі методики оцінки точності польоту по маршруту та виходу в район об'єкта ґрунтуються на розрахунках окремих показників функціонування засобів, що забезпечують точність польоту літаків [3]. Однак ці показники не пов'язані з показниками результатів дій авіації. Відповідно, вони не враховуються при прогнозі очікуваних результатів дій екіпажів з виявлення об'єктів у районі виконання завдання.

Таким чином, є необхідність у виявленні залежностей та закономірностей впливу можливостей засобів, що забезпечують точність польоту літаків, на процес і результати виявлення об'єктів під час виконання завдань за призначенням в конкретних умовах.

**Метою статті** є виявлення залежності показників оцінки результатів виявлення об'єктів екіпажами літаків під час дій у районі виконання завдання за призначенням від можливостей засобів із забезпечення точного польоту літаків по маршруту.

## Виклад основного матеріалу дослідження

При виконанні поставленого завдання екіпажі літаків виконують політ на малих і гранично малих висотах для зниження можливостей засобів системи ППО протиборствуючої сторони з виявлення та знищення літаків. При польоті на зазначених висотах, у порівнянні із середніми і великими висотами, підвищується складність літаководіння, яка пов'язана з огинанням рельєфу місцевості. Це призводить до неточного виходу літака в район об'єкта, що, відповідно, позначиться на результатах виконання завдання за призначенням.

В умовах відсутності точних розвідувальних даних про місце розташування об'єкта екіпаж літака буде змушений здійснювати його пошук у заданому районі. Максимальна дальність виявлення об'єкта візуальним способом  $D_{\max_B}$  істотно залежить від бічного відхилення літака від лінії заданого шляху (ЛЗШ)  $I_{\Pi}$  при польоті по маршруту. Значення максимальної дальності виявлення об'єкта візуальним способом  $D_{\max_B}$  у залежності від бічного відхилення літаків від ЛЗШ  $I_{\Pi}$  можна оцінити за формулою [3]:

$$D_{\max_B} = \kappa \cdot \frac{I_{\text{линmax}}}{4} \cdot H_{\Pi}^{0,51} d_M^{0,27} e^{-\delta \frac{V}{100} + 0,78 \left(1 - \frac{I_{\Pi}}{\xi}\right)^3}, \quad (1)$$

де  $H_{\Pi}$  – висота польоту, м;

$d_M$  – метеорологічна дальність видимості, км;

$V$  – швидкість польоту, км/год;

$I_{\text{линmax}}$  – максимальний лінійний розмір об'єкта, км;

$\kappa$  – коефіцієнт впливу максимального лінійного розміру об'єкта на максимальну дальність виявлення візуальним способом;

$\delta$  – коефіцієнт впливу швидкості польоту літака на максимальну дальність виявлення;

$\xi$  – коефіцієнт обліку впливу радіуса зони пошуку об'єкта на максимальну дальність виявлення візуальним способом.

Для виконання атаки об'єкта з першого заходу повинна виконуватись така умова [3]:

$$D_{\max_B} \geq D_{\Pi},$$

де  $D_{\Pi}$  – гранична дальність виявлення об'єкта, при якій екіпаж ще встигне виконати розворот (рис. 1).

З рис.1 випливає, що гранична дальність виявлення об'єкта  $D_{\Pi}$  також залежить від бічного від-

хилення літаків від ЛЗШ  $I_{\Pi}$ . Вираз для розрахунку значення граничної дальності виявлення об'єкта  $D_{\Pi}$  у залежності від бічного відхилення літаків від ЛЗП  $I_{\Pi}$  має вигляд [3]:

$$D_{\Pi} = \sqrt{S_B^2 + 2R I_{\Pi} - 2S_B R \sin \psi}, \quad (2)$$

де  $S_B$  – довжина шляху для підготовки і виконання стрільби;

$R$  – радіус розвороту літака;

$\psi$  – кут між подовжною віссю літака і напрямком на об'єкт у момент закінчення розвороту.

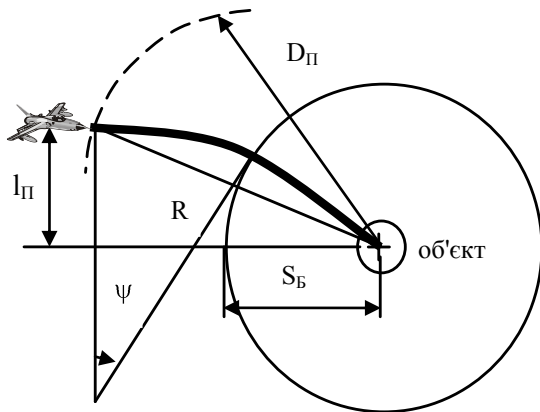


Рис. 1. Визначення граничного значення дальності виявлення об'єкту

На процес та результати виявлення об'єкта екіпажами літаків впливає значна кількість умов та факторів. У зв'язку з цим, чисельні значення показників оцінки результатів виявлення об'єкта будуть випадковими величинами. Як загальний показник оцінки результату своєчасного виявлення об'єкта під час дій екіпажів літаків у районі виконання завдання доцільно вибрати імовірність виявлення об'єкта в районі виконання завдання за призначенням  $P_{\text{виявл}}$ . Значення імовірності  $P_{\text{виявл}}$  визначається часом, який необхідний екіпажу літака для виявлення об'єкта та часом, що є в наявності [4]:

$$P_{\text{виявл}} = 1 - e^{-\frac{t}{T_{\Pi}}}, \quad (3)$$

де  $t$  – час, що є в наявності в екіпажу для виявлення об'єкта;

$T_{\Pi}$  – час, необхідний екіпажу літака для виявлення об'єкта візуальним способом:

$$T_{\Pi} = \frac{D_{\text{maxB}} - D_{\Pi}}{V}. \quad (4)$$

Отже, для виконання атаки з першого заходу, в умовах польоту літака на малих і гранично малих висотах, необхідно забезпечити точний політ літаків по лінії заданого шляху.

Точність польоту по лінії заданого шляху істотно залежить від точності визначення координат місцеположення літального апарата (МПЛА) за даними навігаційної системи (НС) літаків і визначається характеристиками датчиків поточного зчислення координат за даними автономної навігаційної системи (АНС) та можливостями засобів корекції зчислених координат МПЛА НС літаків [5]. Під точністю визначення координат МПЛА розуміється ступінь близькості результатів виміру координат на борту літака до їх істинного значення.

Як частковий показник, що характеризує точність визначення координат МПЛА, виберемо середню квадратичну помилку (СКП) визначення координат МПЛА  $\sigma_r$ . Значення бічного відхилення літаків від ЛЗШ  $I_{\Pi}$  у залежності від СКП визначення координат МПЛА можна розрахувати за формулою:

$$I_{\Pi} = 3\sigma_r, \quad (5)$$

$$\text{де } \sigma_r = \begin{cases} \sigma_{r\min}, & \text{при } 0 < \sigma_r < \sigma_{r\min}, \\ \sigma_r, & \text{при } \sigma_{r\min} \leq \sigma_r \leq \sigma_{r\max}, \\ \sigma_{r\max}, & \text{при } \sigma_r > \sigma_{r\max}, \end{cases}$$

де  $\sigma_{r\min}$ ,  $\sigma_{r\max}$  – мінімальне та максимальне значення СКП визначення координат МПЛА при використанні засобів НС.

Графік залежності бічного відхилення літаків від лінії заданого шляху в залежності від СКП визначення координат МПЛА  $I_{\Pi} = f(\sigma_r)$  представлений на рис. 2.

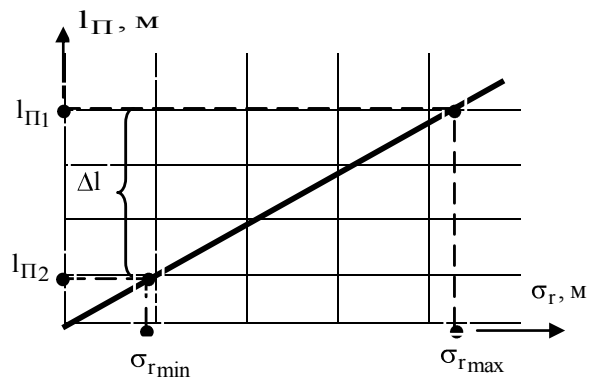


Рис. 2. Графік залежності бічного відхилення літаків від ЛЗШ у залежності від СКП визначення координат МПЛА

В умовах постановки завдань та вогневого впливу протидіюючої сторони основними засобами корекції можуть стати засоби системи радіотехнічного забезпечення (РТЗ) польотів авіації. У випадку, коли основними засобами корекції зчислених координат МПЛА є засоби системи РТЗ польотів авіації, вимірник координат може працювати в порядку циклів, які ідуть друг за другом, кожний з яких умовно містить режими зчислення поточних координат МПЛА за да-

ними АНС і корекції зчислених координат МПЛА за даними засобів системи РТЗ польотів авіації. Можливі умовні режими роботи вимірювача координат літаків наведені на рис. 3 [4]:

Рішення про наявність або відсутність сигналів корекції на вході вимірювача координат літака може бути як правильним, так і помилковим. У режимі зчислення поточних координат МПЛА за даними АНС обчислення координат виконується за даними останньої корекції й інформації, що надходить від АНС. У режимі правильної корекції зчислених координат МПЛА корекція виконується за даними засобів системи РТЗ польотів авіації, а в режимі помилкової корекції зчислених координат МПЛА корекція виконується за помилковими викидами природних і штучних завод.

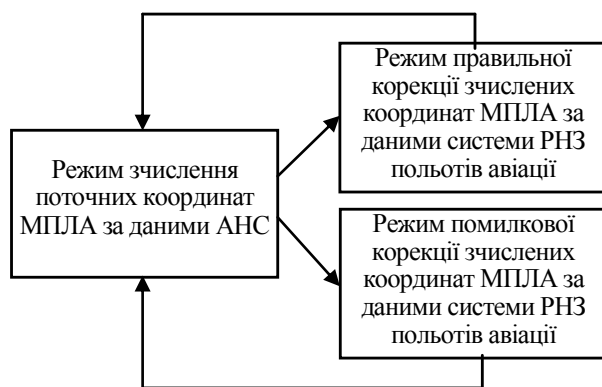


Рис. 3. Граф зміни умовних режимів роботи вимірювача координат літаків

Величину СКП визначення місцеположення літальних апаратів  $\sigma_r$ , при спільному застосуванні засобів АНС і засобів системи РТЗ польотів авіації, можна визначити за формулою [5]:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_{\text{АВТ}}^2 P_1 + \sigma_{\text{Н}}^2 P_2 + \sigma_{\text{АН}}^2 P_3}, \quad (6)$$

де  $\sigma_{\text{АВТ}} \cdot \sigma_{\text{Н}} \cdot \sigma_{\text{АН}}$  – СКП зчислення координат МПЛА відповідно за даними АНС, правильної та помилкової корекції зчислених координат МПЛА;

$P_1, P_2, P_3$  – імовірності роботи вимірювачів МПЛА відповідно у режимах автономного зчислення координат, правильної та помилкової корекції зчислених координат.

Значення СКП зчислення координат МПЛА за даними автономної навігаційної системи  $\sigma_{\text{АВТ}}$  можна визначити за формулою [3]:

$$\sigma_{\text{АВТ}} = \sqrt{\sigma_{r0}^2 + (k_{\text{СЧ}} S)^2}, \quad (7)$$

де  $\sigma_{r0}$  – СКП визначення координат МПЛА за даними останньої корекції або при введенні координат аеродрому, що задаються координатами центра злітно-посадочної смуги;

$k_{\text{СЧ}}$  – коефіцієнт, що характеризує точність зчислення шляху;

$S$  – відстань, пройдена від місця останньої корекції зчислених координат.

Значення СКП  $\sigma_{\text{Н}}$  правильної корекції зчислених координат МПЛА (нормальна складова) визначається точністю корекції зчислених координат МПЛА за даними засобів системи РТЗ польотів авіації. На теперішній час основними засобами системи РТЗ польотів авіації, які використовуються для корекції зчислених координат МПЛА, є радіотехнічні системи ближньої (РСБН-4) та дальньої (РСДН-10) навігації.

Вираз для визначення значень СКП помилкової корекції зчислених координат МПЛА  $\sigma_{\text{АН}}$  (анормальної складової) має вигляд [5]:

$$\sigma_{\text{АН}} = \sqrt{6\sigma_{\text{АВТ}}^2}. \quad (8)$$

Таким чином, отримана залежність результатів своєчасного виявлення об'єкта екіпажами літальних апаратів від точності польоту літаків по маршруту.

## Висновки

Результати своєчасного виявлення об'єктів під час дій екіпажів у районі виконання завдання за призначенням істотно залежать від точності польоту літаків по ЛЗШ, а, відповідно, від можливостей системи РТЗ польотів авіації із забезпечення точної корекції зчислених координат МПЛА. Врахування цих залежностей дозволяє виконувати більш повний та достовірний прогноз і на цій основі підвищувати ефективність виконання завдання за призначенням.

## Список літератури

1. Городнов В.П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО. – Х.: ВИРТА, 1987. – 192 с.
2. Моделивання бойових дій військ (сил) проти повітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
3. Воздушная навигация: Учебное пособие / Г.Ф. Молоканов, Л.М. Воробьев, Б.А. Тараканов, Н.П. Зубов. – М.: МОНИИО, 1988. – 272 с.
4. Быков В.В. Критерий и возможности заградительного радиоподавления РЭС в условиях высокой неопределенности их характеристик // Радиотехника. – 2000. – № 6. – С. 49 - 52.
5. Чернятьев А.В., Кривошея С.И. Пути повышения эффективности использования комплексных навигационных систем в условиях действия активных помех // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2002. – Вып. 5 (43). – С. 76-82.

Надійшла до редколегії 4.12.2006

Рецензент: д-р техн. наук, доцент О.В. Лемешко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.