

УДК 633.746

О.Б. Котов, Р.В. Лященко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОБҐРУНТУВАННЯ КІЛЬКІСНО-ЯКІСНОГО СКЛАДУ УГРУПОВАННЯ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ

Пропонується методика вирішення задачі обґрунтування кількісно-якісного складу угруповання авіації за допомогою методів теорії бойової ефективності.

Ключові слова: літальний апарат, кількісно-якісний склад, бойовий потенціал.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури. З розвитком сучасної бойової авіаційної техніки, постійного підвищення тактико-технічних та льотно-технічних характеристик сучасних літальних апаратів (ЛА) тактичної авіації (ТА) і надходження їх на озброєння суміжних з Україною держав, постає питання уточнення значень коефіцієнтів бойового потенціалу наявних ЛА ТА для приведення їх у відповідність до умов бойового застосування, що прогноуються.

Важлива прикладна проблема, що полягає в необхідності раціоналізації витрат на створення, підготовку та утримання бойового складу Повітряних Сил з урахуванням вимог до його адаптивності до різноманітних ситуацій та варіантів застосування Збройних Сил України у складі міжвидового збройного угруповання (військ оперативного командування (ОК)) обумовлює необхідність розвитку науково-методичного апарату обґрунтування кількісно-якісного складу повітряної компоненти міжвидового збройного угруповання Збройних Сил України [1].

Для визначення потрібного складу угруповання, як правило, застосовуються методи статичного та імітаційного динамічного моделювання [2].

Перший метод використовується для попереднього визначення складу угруповання військ та базується на використанні статичних співвідношень бойового потенціалу свого озброєння та озброєння противника, а також відповідних угруповань військ без врахування динаміки ведення бойових дій. Другий метод є більш складним у використанні, хоча і дозволяє врахувати більшу кількість факторів.

Для застосування методів першої групи необхідне визначення бойових потенціалів авіаційних частин і підрозділів у виконанні покладених задач в умовах обстановки, що прогноуються.

Метою статті є визначення методичного підходу до оцінювання бойового потенціалу авіаційних частин та підрозділів, що оснащені сучасними типами ЛА в конкретних умовах їх застосування.

Основна частина

Для вирішення задачі попереднього оцінювання бойового потенціалу конкретного зразка бойової

авіаційної техніки доцільно використовувати методику, в основу якої покладена теорія бойової ефективності озброєння та військової техніки (ОВТ).

Ця методика дозволяє визначити ефективність виконання задачі перехоплення засобів повітряного нападу (ЗПН) противника з певною вірогідністю.

Отримані значення дозволяють перейти до визначення коефіцієнта бойового потенціалу конкретного ЛА шляхом порівняння нарядів сил, необхідних для виконання завдання з заданим рівнем результату – кількістю знищених цілей.

Результати розрахунків підлягають уточненню на другому етапі розрахунків за результатами імітаційного моделювання за допомогою модуля «Авіа» програми моделювання бойових дій «Віраж-РД».

Вихідними даними для застосування цієї методики є [3 – 5]:

– відомості про ціль (характер цілі, її розміри, розташування основних елементів та їх живучість, раціональне розташування точки прицілювання, можливість застосування різних прицільних систем та різних засобів ураження, прикриття цілі засобами ППО та ін.);

– відомості про засоби ураження (параметри, що характеризують їх ефективність, кількість засобів ураження, що застосовуються по даній цілі з одного літака, їх тип, калібр і точність влучення у ціль);

– ступінь поразки цілі, що вимагається (знищення, припинення виконання завдання тощо);

– відомості про умови виконання поставленої задачі (ступінь протидії ППО противника, можливість виходу на ціль, можливість виявлення цілі, надійність роботи технічних засобів, що використовуються при виконанні поставленої бойової задачі та інші фактори).

Аналізуючи схему функціонування винищувального авіаційного комплексу по перехопленню та знищенню ним повітряної цілі можна виділити ряд етапів виконання даного типового бойового завдання, що виконуються послідовно.

В якості часткових критеріїв ефективності винищувача взагалі використовуються вірогідності виконання окремих етапів.

Кожний етап виконується з деякою вірогідністю, внаслідок чого ураження винищувачем повітряної цілі може мати місце тільки за умови успішного виконання всіх етапів (своєчасний виліт, подолання ППО, дальнє наведення, ближнє наведення або виявлення, захоплення, атака та ураження цілі).

В якості загального критерію бойової ефективності обрана вірогідність виконання винищувачем бойового завдання $W_{БЗ}$, яка має бути визначена як добуток часткових критеріїв, що характеризують якість функціонування винищувального бойового авіаційного комплексу на окремих етапах виконання бойового польоту.

Тоді вираз для визначення вірогідності виконання всієї бойової задачі перехоплення буде мати вигляд:

$$W_{БЗ} = P_{СВ} \cdot P_{ППО} \cdot P_{Н} \cdot P_{ПОР} = P_{СВ} \cdot P_{ППО} \cdot P_{ВІЯВ}^{БРЛС} \cdot P_{ЗХ} \cdot P_{АТ} \cdot P_{ПОР} \quad (1)$$

Розглянемо алгоритми визначення вірогідностей виконання кожного з вищеназваних етапів.

Перехоплення та знищення цілі починається з своєчасного виконання вильоту на перехоплення ($P_{СВ}$). В бойових умовах кінцевий результат, знищення цілі, залежить від успішного подолання системи ППО противника ($P_{ППО}$). Процес наведення ($P_{Н}$) складається з дальнього наведення ($P_{ВІЯВ}^{БРЛС}$) та ближнього наведення (виходу в атаку) ($P_{АТ}$). Заключний етап - безпосередньо знищення повітряної цілі засобами поразки ($P_{ПОР}$).

Виліт винищувача на перехват вважається своєчасним, якщо ціль буде перехоплена до заданого рубежу, тобто до застосування противником своїх засобів ураження по об'єкту (об'єктам), що охороняються.

Вірогідність своєчасного вильоту на перехоплення визначається відомою формулою [3-5]:

$$P_{СВ} = 1 - e^{-\frac{\sqrt{D_{ВІЯВ}^2 - H_{Ц}^2} - R_{П} - V_{Ц} \cdot t_{ВІХ}}{T_3 \cdot V_{Ц}}}, \quad (2)$$

де $D_{ВІЯВ}$ – дальність аеродрому до цілі в момент виявлення наземною РЛС, км; $H_{Ц}$ – висота польоту цілі, км; $R_{П}$ – рубіж перехоплення, км; $V_{Ц}$ – швидкість польоту цілі, км/год; T_3 – середній час запізнення з вильотом на перехоплення, год; $t_{ВІХ}$ – час виходу винищувача на рубіж перехоплення.

Вірогідність своєчасного вильоту на перехоплення повітряної цілі суттєво залежить від ефективності засобів наземних систем керування, аеродромно-технічного забезпечення, а також від тактико-технічних характеристик як перехоплювача, так і цілі. Можливі ситуації, коли необхідно переходити на чергування у повітрі для зменшення T_3 і $t_{ВІХ}$,

та підвищення $P_{СВ}$.

Наведення вважається виконаним, якщо виконуються наступні події (етапи наведення):

1. Ціль виявлена (виконане наземне наведення або ціль потрапила на дальності виявлення $D_{В}$ в сектор огляду БРЛС);
2. Ціль захоплена;
3. ЛА зайняв положення відносно цілі для проведення атаки.

Вірогідність виявлення повітряної цілі бортовими засобами виявлення визначатиметься як [3-5]:

$$P_{ВІЯВ}^{БРЛС} = P(-z_{ПР} \leq z \leq +z_{ПР}) = \Phi_0\left(\frac{+z_{ПР} - m_Z}{\sigma_Z}\right) - \Phi_0\left(\frac{-z_{ПР} - m_Z}{\sigma_Z}\right), \quad (3)$$

де $-z_{ПР}$, $+z_{ПР}$ – граничні значення лінійних похибок наведення в інтервалі яких винищувач в змозі виявити ціль (ціль потрапляє в сектор огляду БРЛС); m_Z , σ_Z – відповідно математичне очікування (МО) та середньоквадратичне відхилення (СКВ) похибки наведення (являються характеристиками наземної системи керування). Вони залежать від умов наведення та первинних похибок наведення (похибок у визначенні координат цілі, швидкості цілі, виконання команд при наведенні та ін.).

Граничні значення лінійних похибок наведення визначаються за виразами:

$$-z_{ПР} = -D_{В} \sin(\Theta + \varphi); \quad (4)$$

$$+z_{ПР} = D_{В} \sin(\Theta + \varphi), \quad (5)$$

де $D_{В}$ – дальність виявлення цілі БРЛС (теплопеленгатора, візуально); Θ – кут напівогляду БРЛС в горизонтальній площині; φ – кут між напрямом на ціль та швидкістю перехоплювача.

На значення $P_{ВІЯВ}^{БРЛС}$ сильний вплив оказують перешкоди, що утворюються ціллю, які можуть зменшити дальність виявлення та $P_{ВІЯВ}^{БРЛС}$ на 30...50% [6].

Подія захоплення цілі є необхідною умовою етапу наведення, що повинне відбутися на дальності до цілі, яка б забезпечила виконання атаки, прицілювання, стрільбу (пуск ракет) та безпечний вихід з атаки. Таким чином, дальність в момент захоплення цілі $D_{ЗХ}$ повинна бути не менше мінімально припустимої дальності пуску $D_{П\min}$, тобто:

$$D_{ЗХ} \geq D_{П\min}. \quad (6)$$

Мінімально припустима дальність до цілі, що забезпечує виконання прицілювання та стрільби (пуск ракет) $D_{П\min}$ обчислюється за формулою:

$$D_{П\min} = D_{P\min} + V_{ВІДНВЦ} \cdot t_{пр}, \quad (7)$$

де $D_{p_{\min}}$ – мінімальна дальність пуску ракети; $V_{\text{ВІДНВЦ}}$ – відносна швидкість зближення винищувача з ціллю; $t_{\text{пр}}$ – час, що потрібен для прицілювання.

Дальність захоплення цілі БРЛС є випадковою величиною, для якої діє нормальний закон розподілу. Тоді вираз для вірогідності своєчасного захоплення цілі БРЛС буде мати вигляд:

$$P_{3X} = P(D_{3X} \geq D_{\text{Пmin}}) = \frac{1}{2} - \Phi_0 \left(\frac{D_{\text{Пmin}} - m_{D_{3X}}}{\sigma_{D_{3X}}} \right), \quad (8)$$

де $m_{D_{3X}}$, $\sigma_{D_{3X}}$ – МО та СКВ дальності захвату БРЛС. Параметри, що входять у вираз (8) залежать від:

- технічних характеристик БРЛС (D_B , σ_{D_B});
- відносної швидкості зближення винищувача з ціллю $V_{\text{ВІДНВЦ}}$;
- типу прицілу та натренованості (класності) льотчика (екіпажу) ($m_{T_{3X}}$ – середній час захвату цілі та $\sigma_{T_{3X}}$ – СКВ часу захвату цілі).

Ці характеристики можна визначити по наступним залежностям:

$$D_{3X} = m_{D_{3X}} = m_{D_B} - V_{\text{ВІДНВЦ}} \cdot m_{T_{3X}}, \quad (9)$$

$$\sigma_{D_{3X}} = \sqrt{\sigma_{D_B}^2 + V_{\text{ВІДНВЦ}}^2 \cdot \sigma_{T_{3X}}^2}. \quad (10)$$

При цьому відносна швидкість зближення винищувача з ціллю визначається за виразом:

$$V_{\text{ВІДНВЦ}} = V_{\text{ц}} \pm V_B \cos \varphi. \quad (11)$$

Для визначення вірогідності атаки цілі розглядається випадок, коли ближнє наведення (вихід в атаку) почалось після захвату цілі. Вважається, що ціль не маневрує, тоді:

$$P_{\text{АТ}} = P(-\Delta\varphi^* \leq \Delta\varphi \leq +\Delta\varphi^*) = \Phi_0 \left(\frac{+\Delta\varphi^* - m_{\Delta\varphi}}{\sigma_{\Delta\varphi}} \right) - \Phi_0 \left(\frac{-\Delta\varphi^* - m_{\Delta\varphi}}{\sigma_{\Delta\varphi}} \right), \quad (12)$$

де $\pm\Delta\varphi^*$ – граничні кути відхилення винищувача по курсу в момент захвату цілі, які ще можуть бути усунені за рахунок маневрених характеристик винищувача та ракети, в радіанах.

Наведення літака виконується методом прямого зближення з ціллю.

В цьому випадку граничні кути відхилення винищувача по курсу $\Delta\varphi^*$ можуть визначатися по залежності:

$$\Delta\varphi^* = \Delta\varphi_B^* \left(1 + \frac{V_P \cdot t_P}{V_B \cdot t_B + V_P \cdot t_P} \right) + \Delta\varphi_P^* \left(1 + \frac{V_P \cdot t_P}{V_B \cdot t_B + V_P \cdot t_P} \right), \quad (13)$$

де $\Delta\varphi_B^*$ – гранична похибка, що виправляється самим перехоплювачем; $\Delta\varphi_P^*$ – гранична похибка, що виправляється ракетою; V_B , V_P – швидкості польоту винищувача і ракети в момент атаки; t_B , t_P – час польоту винищувача та ракети в момент виправлення похибок наведення.

Ці величини визначаються по наступним залежностям:

$$\Delta\varphi_B^* = \frac{V_B \cdot t_B}{2\Gamma_{\text{ВІР}}^B}; \quad (14)$$

$$\Delta\varphi_P^* = \frac{V_P \cdot t_P}{2\Gamma_{\text{ВІР}}^P}; \quad (15)$$

$$t_B = \frac{D_{\text{ВІЯВ}} - D_{\text{ПУСКУ}}}{2V_{\text{ВІДНВЦ}}}; \quad (16)$$

$$= \frac{D_{\text{ВІЯВ}} - D_{\text{ПУСКУ}}}{V_B \cdot \cos \varphi_B - V_{\text{ц}} \cdot \cos \varphi_{\text{ц}}};$$

$$t_P = \frac{D_{\text{ПУСКУ}}}{V_{\text{ВІДНВЦ}}}; \quad (17)$$

$$= \frac{D_{\text{ПУСКУ}}}{V_P \cdot \cos \varphi_B - V_{\text{ц}} \cdot \cos \varphi_{\text{ц}}};$$

$$\Gamma_{\text{ВІР}}^B = \frac{V_B^2}{g\sqrt{n_{\text{УВ}}^2 - 1}}; \quad (18)$$

$$\Gamma_{\text{ВІР}}^P = \frac{V_P^2}{g\sqrt{n_{\text{УР}}^2 - 1}}. \quad (19)$$

При цьому значення $\Delta\varphi_P^*$ вибирається як мінімальне між маневреними можливостями ракети (15) та граничним відхиленням від курсу, що припускає кут захоплення цілі головою самонаведення ракети $\Delta\varphi_{\text{ГСН}}^*$.

Значення $\Delta\varphi_B^*$ вибирається як мінімальне між маневреними можливостями винищувача (14) та кута напівогляду БРЛС в горизонтальній площині Θ (граничне відхилення від курсу, що припускає поле огляду БРЛС). Тобто для здійснення ближнього наведення необхідно не тільки знешкодити похибку, але і мати ціль в полі огляду БРЛС та ГСН ракети.

В інтересах прихованого підходу до цілі за умовами наведення з землі винищувач вмикає БРЛС на відстані, що достатня лише для виявлення, захвату та атаки цілі.

Слід мати на увазі, що вплив маневру цілі не обмежується зменшенням гранично допустимих похибок $\Delta\varphi^*$.

При маневрі виникає систематична похибка в прогнозі точки наведення, яку слід враховувати при визначенні вірогідності наведення, шляхом вводу

відповідних значень m_Z , $m_{\Delta p}$ в формулу для визначення $P_{\text{ВІЯВ}}^{\text{БРЛС}}$ і $P_{\text{АТ}}$.

Для визначення вірогідності знищення повітряної цілі використовуємо формулу [3-5]:

$$P_{\text{ПОР}}(n_p) = 1 - (1 - P_{\text{ПОР}}(1))^{n_p}, \quad (20)$$

де $P_{\text{ПОР}}(1)$ – вірогідність поразки цілі однією ракетою; n_p – число ракет, що застосовані по цілі.

$$P_{\text{ПОР}}(1) = 1 - e^{-\frac{R_{\text{ПОР}}^2}{2\sigma_R^2}}, \quad (21)$$

де $R_{\text{ПОР}}$ – радіус надійної поразки цілі однією ракетою, м; σ_R – середня квадратична величина колового розсіювання, м;

Вірогідність знищення повітряної цілі $P_{\text{ПОР}}$ значно залежить від швидкості винищувача. Є оптимальна величина швидкості винищувача, при котрій $P_{\text{ПОР}}$ обирає максимальне значення.

Потрібний наряд винищувачів для гарантованого знищення заданої кількості повітряних цілей визначається за формулою:

$$N_{\text{ПОТР}} = \frac{N_{\text{Ц}} \cdot \ln(1 - \mu)}{\ln(1 - W_{\text{БЗ}})}, \quad (22)$$

де μ – задана норма ураження противника, як відносна кількість знищених цілей; $W_{\text{БЗ}}$ – вірогідність виконання бойової задачі одним винищувачем; $N_{\text{Ц}}$ – кількість повітряних цілей противника.

Розрахунки коефіцієнтів бойового потенціалу здійснюються як співвідношення бойових нарядів обраних літаків-еталонів та бойових нарядів літаків, що оцінюються. Отримання інформації щодо бойових нарядів сил на виконання завдань може здійснюватися шляхом аналізу та узагальнення результатів реального бойового застосування літаків еталон-

ного типу та тих, що оцінюються, або шляхом обробки результатів експериментів на моделях операцій (бойових дій) або їх окремих елементів.

Висновки

Завдяки запропонованому методичному підходу забезпечується можливість отримувати значення вірогідності виконання задачі перехоплення ЗПН противника в прогнозованих умовах застосування ТА. Ці значення дозволяють перейти до визначення коефіцієнта бойового потенціалу конкретного ЛА шляхом порівняння нарядів сил, необхідних для виконання завдання з заданим рівнем результату – кількістю знищених цілей.

Список літератури

1. Романченко І.С. Обґрунтування вибору критерії раціональності кількісно-якісного складу повітряної компоненти міжвидового збройного угруповання / І.С. Романченко, О.Б. Котов // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2012. – № 3 (9). – С. 14-17.
2. Розробка науково-методичних положень щодо попереднього обґрунтування кількісно-якісного складу зенітного ракетного озброєння угруповання зенітних ракетних військ / Б.М. Ланецький, В.В. Лук'яничук, В.А. Васильєв, І.В. Коваль // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2012. – № 3 (9). – С. 58-60.
3. Лисицький П.Е. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность / П.Е. Лисицький. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1980. – С. 198-203, 209-222.
4. Житомирский Г.И. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность / Г.И. Житомирский, Н.Г. Сабитов. – К.: КВВАИУ, 1979. – С. 217-239.
5. Мильграм Ю.Г. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций / Ю.Г. Мильграм, И.С. Попов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1970. – 500 с.
6. Дуров В.Р. Боевое применение и боевая эффективность истребителей-перехватчиков / В.Р. Дуров. – М.: Военное издательство МО СССР, 1972. – 280 с.

Надійшла до редколегії 11.12.2013

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОБОСНОВАНИЮ КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРУППИРОВКИ ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ

О.Б. Котов, Р.В. Лященко

Предлагается методика решения задачи обоснования количественно-качественного состава группировки авиации с помощью методов теории боевой эффективности.

Ключевые слова: летательный аппарат, количественно-качественный состав, боевой потенциал.

DETERMINATION OF THE METHODOLOGICAL GOING NEAR THE GROUND OF IN-HIGH-QUALITY COMPOSITION OF GROUPMENT OF TACTICAL AVIATION

O.B. Kotov, R.V. Lyaschenko

The method of decision of task of ground of in-high-quality composition of groupment of aviation is offered by the methods of theory of battle efficiency.

Keywords: aircraft, in-high-quality composition, battle potential.