

УДК 519.711

В.В. Биченков¹, О.С. Лиходєєв²¹Національна академія оборони України, Київ²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПЛАНУВАННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧІ ПРИКРИТТЯ НАДВОДНИХ СИЛ ВІД УДАРІВ З ПОВІТРЯ

Розглядається визначення елементів процесу планування бойових дій винищувальної авіації (ВА): початкові дані для проведення розрахунків; питання, що вирішуються при ціле розподілі; описані особливості розрахунку прикриття рухомого об'єкту. Визначені формульні залежності граничних умов виконання завдання прикриття об'єктів ВА, кількісного складу ВА. В якості результату функціонування програмної моделі запропонований часовий графік чергування ВА та пунктів управління та наведення ВА, який має стати основою плану прикриття надводних сил від ударів з повітря.

Ключові слова: завдання на розробку алгоритму програмної моделі; винищувальна авіація; пункт управління та наведення винищувальної авіації; планування бойових дій; часовий графік чергування.

Вступ

Постановка проблеми. Тенденції розвитку локальних війн та воєнних конфліктів останніх десятиріч свідчать, що на сьогодні та у перспективі найбільш динамічною та нищівною ударною силою на морі є засоби повітряного нападу (ЗПН). В більшості випадків перевага в повітрі є визначальною у вирішенні результату бойових дій. Виходячи з досвіду флотів в локальних війнах і збройних конфліктах другої половини ХХ – початку ХХІ століть відомо, що засобам повітряного нападу належить провідна роль в знищенні сил флоту в морі і в базах. Якщо в ході Першої Світової війни на долю авіації припало 1-2% від всіх потоплених кораблів, то втрати бойових кораблів від ударів авіації за час Другої Світової склали вже 35,7%. У військово-морських базах авіацією було знищено 126 надводних кораблів і підводних човнів зі 158, що склало 80% від загальних втрат. В ході локальних війн і збройних конфліктів ЗПН воюючих сторін було знищено 54% бойових кораблів і допоміжних суден. В англо-аргентинському конфлікті втрати кораблів і суден від ЗПН значно зросли і склали 80% від числа потоплених і 93% від числа пошкоджених кораблів і суден обох сторін. [1 – 3].

Постановка завдання. Відомо, що протиповітряна оборона (ППО) передбачає протилітакову та протиракетну оборону і здійснюється силами і засобами військ ППО, винищувальної авіації Повітряних сил (ВА), силами і засобами ППО Військово-Морських Сил. В ході ведення бойових дій у разі вибуття з ладу елементів системи ППО, ВА є найбільш оперативним варіантом перегруповування сил та засобів ППО для виконання завдання прикриття об'єктів з заданою ефективністю. З метою ефективного використання ВА проводиться їх цілерозподіл. Для отримання оперативних і обґрунтованих пропозицій з раціонального варіанту застосування винищувальної авіації пропонується розробити програмну модель планування бойових дій винищувальної авіації для вирішення завдання при-

криття надводних сил від ударів з повітря. Розробку програмної моделі (ПМ) пропонується розбити на три етапи: постановка завдання на розробку алгоритму ПМ; розробка та оцінка ефективності ПМ; застосування програмної моделі.

Метою статті є постановка завдання на розробку алгоритму програмної моделі планування бойових дій винищувальної авіації в інтересах надводних сил.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні питання, що вирішуються при цілерозподілі це: з якого положення (чергування на землі, чергування в повітрі) необхідно виділити ВА для перехоплення ЗПН; яку кількість ВА виділити по кожній виявленій групі ЗПН; який з радіолокаційних постів (РЛП) має пріоритет при наведенні ВА.

Необхідними даними для проведення розрахунків є число аеродромів та їх координати; число винищувачів на кожному аеродромі; число наземних РЛП. Початкові дані, які необхідні для моделювання процесу перехоплення ЗПН винищувачами це: координати ВА, що виділена для перехоплення ЗПН; поточні координати ЗПН; координати очікуваного знаходження ЗПН; льотно-технічні характеристики ВА і ЗПН; тактико-технічні характеристики (ТТХ) РЛП; ТТХ бортових РЛС ВА і ЗПН; характеристики озброєння ВА і ЗПН.

При розрахунку необхідного наряду ВА, який призначається для прикриття наземних (надводних) об'єктів, найбільший інтерес представляють надводні сили (НС), у зв'язку з тим, що вони знаходяться в русі і тому вимагають відповідного пересування зон чергування ВА та передачі функцій цілевказання найефективнішим, з точки зору своєчасності виявлення ЗПН, радіолокаційним постам. Для організації авіаційного прикриття НС необхідно знати: їх склад; час виходу; маршрут і швидкість переходу; ордер на переході; місце командного пункту і корабельного пункту управління та наведення ВА (КПУНВА); дані по зв'язку і управлінню.

Необхідною умовою знищення ЗПН на рубежі перехоплення (S_{pn}) є своєчасне переміщення винищувачів в область можливих атак ЗПН.

$$S_{pn} = S_{pb} \pm \Gamma_v,$$

де S_{pb} – віддалення рубежу введення ВА в бій; Γ_v – глибина зони ведення бою ВА; $+$ – атака з передньої і задньої півсфери відповідно.

$$\Gamma_v = V_u \times [n_a \times n_u \times t_b + (n_a - 1) \times t_p],$$

де n_u – число винищувачів у групі, що атакують одну групу ЗПН; n_a – число послідовних атак, виконуваних винищувачами; t_b – математичне сподівання часу ведення бою винищувачами при кожній атаці ЗПН; t_p – час розвороту винищувачів для повторної атаки; V_u – середня швидкість ЗПН.

Максимально можливе віддалення рубежу введення в бій винищувачів при атаці цілі (S_{pb}) без урахування їх тактичного радіусу:

$$S_{pb} = \frac{d_{обн} - V_u \times t_{пас} - d}{V_u + V_{ц}} \times V_u,$$

де d – відстань надійного виявлення льотчиком цілі; $d_{обн}$ – відстань між літаками в момент виявлення цілі РЛД; $t_{пас}$ – час від отримання завдання винищувачем до виходу в зону його виконання; $V_{ц}$ – середня швидкість ЗПН; V_u – середня швидкість винищувача.

Максимально можливе віддалення рубежу введення винищувача в бій S_{pb} обмежено його тактичним радіусом.

При чергуванні з аеродрому, повинна виконуватись умова: $S_{pb} \leq R_t$, при чергуванні в повітрі повинно виконати наступну умову: $S_{pb} \leq R_t - S_{зд}$, де $S_{зд}$ – віддалення зони чергування ВА від аеродрому.

При виборі $S_{зд}$ необхідно вирішити завдання найбільш доцільного призначення зони чергування ВА. Якщо $S_{зд}$ вибрати більшу, літаки більше часу будуть витратити на політ від аеродрому до зон чергування, отже, зменшиться припустимий час чергування t_d у повітрі. При цьому, віддалення рубежу введення в бій ВА не збільшиться, тому що воно обмежено тактичним радіусом винищувача. Якщо $S_{зд}$ розташувати на меншому віддаленні від аеродрому, t_d збільшиться, однак при цьому рубіж введення винищувачів у бій, а значить і рубіж перехоплення, будуть розташовуватися ближче до аеродрому і завдання перехоплення буде вирішуватися не на повний тактичний радіус ВА. Як видно з рис. 1 відстань кораблів від аеродромів, з яких забезпечується їх прикриття ВА, не повинно перевищувати:

а) при прикритті з аеродрому:

$$d_{бк} \leq S_{pn} - (R + V_u \times t_{кв} + R_u),$$

де R – рубіж, на якому винищувач повинен бути виведений з бою; $t_{кв}$ – час передачі на винищувач команди і її виконання на вихід з бою; R_u – радіус циркуляції винищувача при виході з бою;

б) при прикритті з зони чергування:

$$d_{бк} \leq S_{зд} + S_{pn}' - (R + V_u \times t_{кв} + R_u),$$

де S_{pn}' – віддалення рубежу перехоплення від зон чергування ВА в повітрі.

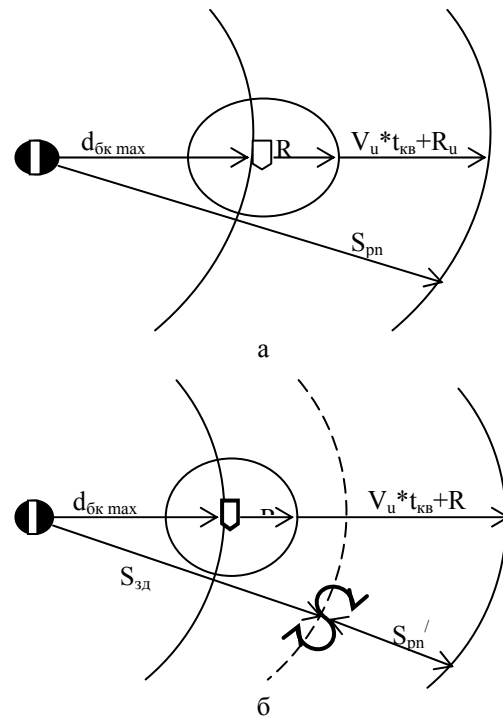


Рис. 1. Максимально припустиме віддалення НС від аеродромів, з яких забезпечується їх прикриття ВА в положенні «з аеродрому» (а) і «в повітрі» (б)

Розрахунок необхідної $d_{обн}$

а) при чергуванні з аеродрому:

$$d_{обн} \geq (d_{бк} + R + V_u \times t_{кв} + R_u + \Gamma_{вб}) \times \frac{V_u + V_{ц}}{V_u} + V_{ц} \times t_{пас} \pm d,$$

б) при чергуванні в повітрі:

$$d_{обн} \geq (d_{бк} + R + V_u \times t_{кв} + R_u + \Gamma_{вб}) \times \frac{V_u + V_{ц}}{V_u} + V_{ц} \times t_{пас} \pm d - \frac{S_{зд} \times V_{ц}}{V_u}.$$

Якщо в очікуваних умовах система виявлення не забезпечує виявлення ЗПН на дальностях, що задовольняють данні вирази, необхідно збільшувати зону виявлення – виставляти радіолокаційний дозор (РЛД). Віддалення РЛД повинне бути таким, щоб сума $S_{рлд} + d_{обн}'$ була не менше правих частин зазначених нерівностей, де $d_{обн}'$ – дальність виявлення ЗПН засобами корабля (літака, вертольота) РЛД.

Розрахунок числа змін.

$$n_{см} = \frac{t_{пер} + t_{вед} + t_{возр}}{t_d} = \frac{t_{прикр}}{t_d},$$

де $t_{прикр}$ – час прикриття НС; $t_{пер}$ – час переходу; $t_{вед}$ – час ведення бойових дій; $t_{возр}$ – час повернення; t_d – час чергування кожної зміни.

Якщо довжина маршруту переходу велика, то на шляху переходу може знадобитися кілька зон чергування ВА. Для визначення зайнятості винищувачів, вирішальну задачу прикриття з положення "чергування в повітрі", необхідно розглянути час оборотності винищувачів однієї зміни:

$$t_{об} = t_{под} + t_{взл} + t_{зд} + t_{д} + t_{воз} + t_{пос},$$

де $t_{под}$ – час підготовки винищувача до вильоту на чергування; $t_{взл}$ – час вильоту винищувача з аеродрому; $t_{зд}$ – час польоту винищувача від аеродрому до зони чергування; $t_{д}$ – час чергування винищувача в зоні чергування; $t_{воз}$ – час повернення винищувача з зони чергування на аеродром; $t_{пос}$ – час затримування на посадку на аеродром і рульовку.

Якщо

$$t_{д} \geq t_{под} + t_{взл} + t_{зд} + t_{воз} + t_{пос}, \quad (1)$$

то за час чергування однієї зміни, друга встигне повернутися на аеродром, підготуватися до вильоту, злетіти і вчасно прибути в зону чергування для заступлення на чергування. Тобто для забезпечення безперервності чергування в повітрі в кожен момент повинні бути задіяні дві зміни винищувачів. Якщо не виконуються умови (1), але вірна система рівнянь (2):

$$\left. \begin{aligned} t_{д} &\geq t_{воз} + t_{пос} \\ t_{д} &\geq t_{под} + t_{взл} + t_{зд} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

то одна зміна буде летіти в зону чергування, друга зміна буде чергувати, третя зміна буде повертатися. Тобто за таких умов необхідно буде вже мати одночасно задіяними три зміни. Якщо система рівнянь (2) не виконується, то необхідно мати більше трьох змін на чергуванні. Звідси, число змін діючих одночасно в кожен момент часу в інтересах безперервного несення чергування розраховується з формули:

$$n_{об} = t_{об} / t_{д}.$$

Число груп $n_{гр}$, що забезпечує безперервне чергування в повітрі протягом часу $t_{прикр}$ з урахуванням оборотності розраховується таким чином:

$$n_{гр} = \begin{cases} n_{см}, & \text{якщо } n_{см} \leq n_{об}; \\ n_{об}, & \text{якщо } n_{об} < n_{см} \leq n_{об} \times k_3 \times k_{бн}; \\ n_{см} / k_3 \times k_{бн}, & \text{якщо } n_{см} > n_{об} \times k_3 \times k_{бн}, \end{cases}$$

де k_3 – число екіпажів на кожен літак; $k_{бн}$ – коефіцієнт бойової напруги (кількість вильотів, що виконає кожним екіпажем).

Загальне число винищувачів, необхідне для прикриття НС з положення "чергування в повітрі", буде: $N_u^B = n_{гр} \times n_{ит}$, де $n_{ит}$ – необхідна кількість винищувачів у групі.

Кількість винищувачів, що вимагається для прикриття НС з положення "чергування на аеродромі", буде $N_u^a = (n_{см} \times n_{ит}) / k_3$, де $k_3 \leq n_{см}$, якщо $k_3 > n_{см}$, то приймаємо $k_3 = n_{см}$.

Особливістю розрахункової методики планування бойових дій винищувальної авіації в інтересах

надводних сил є те, що завдання визначення необхідного наряду ВА вирішене для визначеного аеродрому, визначеного ПУНВА та об'єкту, що прикривається. Наявні математичні викладки дозволяють суворо вирішити завдання у разі, коли зазначені об'єкти будуть знаходитися на одній прямій. Для вирішення завдання вибору оптимального аеродрому (групи аеродромів) чергування, визначення оптимальних ПУНВА, РЛП для виявлення ЗПН противника та управління діями ВА зазначена методика не придатна. Тому для вирішення завдання ППО об'єкта в просторі (рис. 2), методику необхідно доопрацювати.

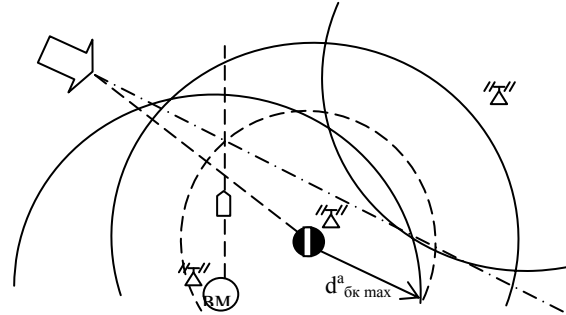


Рис. 2. Завдання прикриття надводних сил винищувальною авіацією

Виклад основного матеріалу

Розглянемо постановку завдання на розробку алгоритму програмної моделі планування бойових дій винищувальної авіації в інтересах надводних сил.

НС – рухомий об'єкт. Пункти наведення ВА можуть знаходитися: 1) у пункті базування НСЗ; 2) у пункті дислокації ВА; 3) на рухомому об'єкті (корабель, літак, вертоліт); 4) стаціонарно у будь-якому іншому місці. Від дальності виявлення РЛС залежить район перехоплення винищувачами ЗПН противника, оптимальна зона чергування в повітрі ВА (при необхідності чергування в повітрі).

Для визначення доцільності застосування того чи іншого ПУНВА для вирішення завдання по наведенню ВА на ЗПН противника, необхідно спрогнозувати дії противника щодо очікуваних напрямів удару з повітря по об'єкту ураження. У просторі розрахунок відповідно до приведених формул можна зробити тільки для варіанта 2, коли напрямок виявлення ЗПН противника і напрям польоту ВА можна сполучити в одній площині з групою ЗПН противника. В інших варіантах задача ускладнюється. У варіантах 1, 3, 4 необхідно розраховувати точку зустрічі ВА і ЗПН противника при гіпотезі прямолінійного рівномірного руху об'єктів і постійно, по ходу зближення, корегувати напрямок руху ВА. Більш того, у варіанті 3 необхідно при плануванні використання КПУНВА враховувати час проведення атаки ЗПН противника по НС. Важливим є те, де буде знаходитися КПУНВА і як берегові ПНВА будуть розташовуватися стосовно НС у даний момент часу.

Наслідком об'ємності задачі є те, що тільки частковим (навіть винятковим) буде варіант, коли напрямки атаки ЗПН противника зведе на одну пряму аеродром сил прикриття, ВМБ, курс НС. Це приводить до того, що проекції швидкостей на лінії ВА – ЗПН практично ніколи не будуть постійними в ході зближення повітряних угруповань і, отже, взаємна швидкість зближення угруповань не буде дорівнювати сумі швидкостей руху повітряних сил.

Задача ускладнюється не тільки об'ємністю, але й визначеною кількістю рознесених у просторі однотипних за призначенням але різних за своїми можливостями об'єктів. Це такі об'єкти як мережа аеродромів, ПНВА. Виникає задача доцільного варіанту їх застосування при вирішенні завдання прикриття НС у часі.

Постановка завдання на розробку алгоритму програмної моделі планування бойових дій винищувальної авіації в інтересах надводних сил.

Згідно з планом виконання бойового завдання НС на будь-який момент зазначеного проміжку часу планується відбиття ЗПН. Для цього послідовно, починаючи з моменту виходу НС з ВМБ до їх повернення:

1. Шляхом перебору обирається раціональна РЛС ПУНВА, що за розрахунками має можливість далі інших РЛС контролювати простір з очікуваного напрямку атаки противника:

$$D_{об}(i) \rightarrow \max_{i \in I}$$

де i – порядковий номер РЛС ПУНВА, яка виконує завдання по забезпеченню ВА ПС розвідувальною інформацією з приморського напрямку; $D_{об}(i)$ – відстань виявлення авіації противника від об'єкту прикриття з очікуваного напрямку, м.

2. Шляхом перебору обирається раціональний варіант чергування ВА з аеродромів придатних та наданих для вирішення задачі супроводу НС. Аеродром чергування обирається за трьома показниками (3). При цьому перший показник є пріоритетним і у разі, якщо є можливість обрати раціональний варіант чергування за першим показником – інші не розглядаються. Аналогічно, якщо це можливо за сукупністю перших двох показників – третій в увагу не береться. Перший показник – варіант чергування за яким забезпечується виконання завдання ({з аеродрому; в повітрі} – пріоритетним є варіант чергування з аеродрому), другий показник – кількість атак, яку може виконати група винищувачів до виходу противника на рубіж застосування зброї (чим більше – тим краще), третій показник – кількість літаків, що необхідно задіяти при зазначеному варіанті чергування (чим менше – тим краще).

$$\Pi(s) = \begin{cases} 1, & \text{при «чергування з аеродрому»;} \\ 0, & \text{при «чергування в повітрі»;} \end{cases}$$

$$At(s) \rightarrow \max, \quad \text{при } \Pi(k) = \Pi(j); \quad (3)$$

$$Nc(s) \rightarrow \min, \quad \text{при } (\Pi(k) = \Pi(j)) \cup (At(k) = At(j)),$$

де $s=1..S$ – порядковий номер аеродрому з загальної

кількості аеродромів S , які можливо задіяти при виконання завдання прикриття НС з повітря ВА; $k, j \in S$ – аеродроми, які попарно порівнюються для визначення кращого варіанту; $\Pi(s)$ – булева функція оцінки положення чергування з s -го аеродрому; $At(s)$ – кількість атак, яку може виконати група винищувачів з s -го аеродрому до виходу противника на рубіж застосування зброї; $Nc(s)$ – кількість літаків, що необхідно задіяти при зазначеному варіанті чергування з s -го аеродрому.

Зауваження з приводу рішення задачі планування: РЛС є статичними об'єктами (за час рішення задачі НС вони не змінюють свого розташування в просторі); якщо аеродром обраний як раціональний варіант для чергування ВА з положення “на аеродромі”, він залишається черговим доти доки ВА не зможе виконувати завдання прикриття НС з визначеного аеродрому, або НС завершили виконання бойового завдання. При втраті можливості чергування ВА з даного аеродрому, відбувається пошук іншого аеродрому, що дозволить найкращим чином забезпечити чергування з аеродрому (за критерієм найменшого часу реакції). Якщо такий аеродром не виявляється, відбувається пошук найбільш оптимального варіанту чергування в повітрі; особливістю КПУНВА є зміна свого положення в ході виконання задачі НС; вибір РЛС не залежить від аеродрому, призначеного на чергування. Навпаки – вибір аеродрому залежить від того, який чергує ПУНВА. Тому, при зміні чергування між ПУНВА, виробляється пошук оптимального аеродрому на чергування ВА.

В результаті проведених розрахунків (рис. 3) формується часовий графік чергування ВА та ПУНВА, який є основою плану прикриття надводних сил від ударів з повітря.

При чергуванні в повітрі, винищувачі на момент початку чергування повинні знаходитися в зоні чергування, тому в часовому графіку чергування РЛС і ВА, початок чергування ВА починається з моменту підготовки авіації до вильоту в зону чергування. Тому до необхідного часу прикриття НС, у випадку чергування в повітрі додається $t_{пр}^B$: $t_{пр}^B = t_{пр} + t_{под} + t_{взл} + t_{зд}$, де $t_{под}$ – час підготовки ВА до вильоту на чергування; $t_{взл}$ – час підйому ВА з аеродрому; $t_{зд}$ – час польоту ВА від аеродрому до зони чергування; $t_{пр}$ – час чергування в повітрі.

Кількість винищувачів, залучених для чергування з визначеного аеродрому, розраховується для кожного відрізка чергування. Після розрахунку всього маршруту проведення НС, за кількість винищувачів, що необхідні для чергування з визначеного аеродрому приймається найбільше число літаків з усіх відрізків чергування. При безперервному чергуванні з одного аеродрому при умові зміни чергуючих РЛС, або способу чергування ВА – для аеродрому час чергування вважається безперервним, але розрахунковий час чергування ВА для окремо взятих ділянок буде різним.

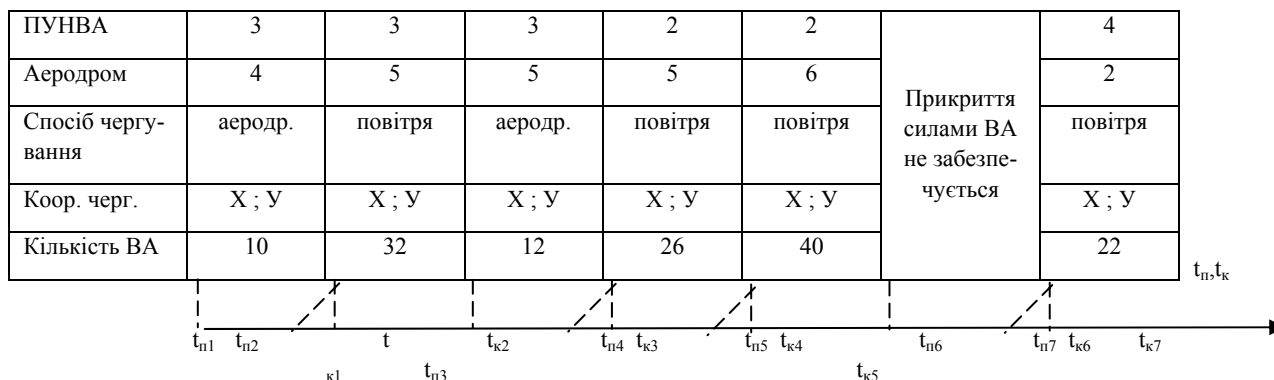


Рис. 3. Часовий графік чергування ВА та ПУНВА

Визначення необхідного числа винищувачів, що мають забезпечувати завдання чергування в повітрі при умові безперервного чергування з одного аеродрому, для проміжку часу чергування визначається середній час чергування одним винищувачем:

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^I (\Delta t_i \times t_{di} / \Delta t),$$

де $i = 1 \dots I$ – кількість відрізків часу чергування ВА з положення “у повітрі” при чергуванні з різними РЛС; Δt_i – i -й відрізок часу чергування ВА, хв; t_{di} – час чергування одного винищувача в зоні чергування на i -ому відрізку часу, хв; Δt – загальний безперервний відрізок часу чергування ВА з одного аеродрому, хв.

Висновки

Таким чином: обґрунтована необхідність автоматизації планування прикриття надводних сил від ударів з повітря; сформульована постановка завдання

на розробку алгоритму програмної моделі планування бойових дій винищувальної авіації в інтересах надводних сил. Варіант побудови алгоритму буде запропонований в наступній статті.

Список літератури

1. Доценко В. Флоты в локальных конфликтах второй половины XX века / В. Доценко. – М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: Terra Fantastica, 2001. – 512 с.
2. Капитанец И.М. Флот в войнах шестого поколения. Взгляды на концептуальные основы развития и применения флота России / И.М. Капитанец. – М.: Вече, 2003. – 480 с.
3. Слипченко В.И. Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего / В.И. Слипченко. – М.: Вече, 2002. – 384 с.

Надійшла до редколегії 15.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПЛАНИРОВАНИЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРИКРЫТИЯ НАДВОДНЫХ СИЛ ОТ УДАРОВ С ВОЗДУХА

В.В. Быченков, А.С. Лиходеев

Рассматривается определение элементов процесса планирования боевых действий истребительной авиации (ИА): начальные данные для проведения расчетов; вопросы, которые решаются при целераспределении; описаны особенности расчета прикрытия подвижного объекта. Определены формульные зависимости предельных условий выполнения задания прикрытия объектов ИА, количественного состава ИА. В качестве результата функционирования программной модели предложен временной график дежурства ИА и пунктов управления и наведения ИА.

Ключевые слова: задание на разработку алгоритма программной модели; истребительная авиация; пункт управления и наведения истребительной авиации; планирование боевых действий; часовой график дежурства.

PLANNING THE MILITARY OPERATIONS OF FIGHTER AIRCRAFT AT THE DECISION OF TASK PROTECTION THE SURFACE FORCES FROM BLOWS WITH AIR

V.V. Bichenkov, A.S. Lihodeev

It is considered determination process element of the planning the military operations fighter aircraft (FA): initial data calculation for undertaking; questions which decide at indication of target; the features of computation of protection of mobile object are described. The certain mathematical to dependencies of the limiting conditions of the performing the task of the protection FA object, quantitative composition FA. As a result of functioning of program model the temporal graph of the FA duty and stations of management and the FA aiming is offered.

Keywords: task for development of algorithm of programmatic model; fighter aircraft; point of management and aiming of fighter aircraft; planning of military operations; sentinel graph of duty.