

УДК 621.3

В.В. Тюрін<sup>1</sup>, О.В. Івчук<sup>2</sup><sup>1</sup>Національний університет оборони України, Київ<sup>2</sup>Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРАВЛЕННЯ ЛІТАКІВ БРИГАДИ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ

У статті розкриті основні положення методики оцінювання ефективності заправлення літаків бригади тактичної авіації. Запропонований методичний підхід дозволяє проводити оцінювання ефективності заправлення літаків брТА в залежності від наявної кількості засобів АТЗ (ПЗ) та з урахуванням динаміки ведення бойових дій за кожну добу операції (бойових дій).

**Ключові слова:** тактична авіація, ефективність, літак.

### Вступ

**Постановка завдання у загальному вигляді та його зв'язок із практичними заходами.** Аналіз локальних війн та збройних конфліктів сучасності переконливо свідчить, що ефективне застосування авіації неможливе без оперативного проведення заходів авіаційно-технічного забезпечення (АТЗ) [1 – 2]. За даних умов успішне проведення заходів АТЗ в значній мірі буде залежати від обґрунтованих пропозицій щодо скорочення строків підготовки брТА до повторного вильоту, у тому числі і їх заправлення, що і обумовлює актуальність даної статті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання моделювання процесу підготовки літаків бригади тактичної авіації до повторного бойового вильоту, а саме навантаження, перевезення та розвантаження авіаційних засобів ураження (АЗУ), підвісних паливних баків (ППБ), заряджання літаків стислими (зрідженими) газами, забезпечення їх електроенергією, заправлення маслами (спеціальними рідинами) достатньо повно розкриті в ряді робіт [3 – 6]. У той же час, моделювання процесу заправлення літаків брТА в даних роботах викладено не достатньо повно. Це приводить до неможливості проведення комплексного оцінювання заходів підготовки брТА до повторного вильоту. Тому **метою статті** є розкриття основних положень методики оцінювання ефективності заправлення літаків бригади тактичної авіації.

### Виклад основних положень

Можливості батальйону аеродромно-технічного забезпечення (батз) щодо забезпечення заправлення літаків брТА авіаційним паливом визначаються за допомогою залежностей, наведених в [4].

Визначення загального часу заправлення літаків брТА авіаційним паливом  $T_3$  здійснюється за формулою

$$T_3 = (t_3 + t_{\text{дод}}K) \frac{T}{N_{\text{ПЗ}}} + t_p (n_p - 1), \quad (1)$$

де  $t_3$  – час безпосереднього перекачування пального до літака, хв.;  $t_{\text{дод}}$  – час, що витрачається на виконан-

ня допоміжних операцій під час заправлення літака паливом, хв.;  $K$  – коефіцієнт, що враховує відношення кількості пального, яке заправляється в літак ( $Q_3$ ) до ємності паливозаправника ( $W_{\text{ПЗ}}$ ), тобто  $\hat{E} = Q_3 / W_{\text{ПЗ}}$  (за умов отримання дробного значення, результат округлюється до цілого числа);  $t$  – кількість літаків, що заправляються;  $t_p$  – час одного рейсу на склад ПММ, хв.;  $n_p$  – кількість необхідних рейсів;  $N_{\text{ПЗ}}$  – кількість паливозаправників, що виділені для заправлення (відношення  $\delta / N_{\text{ПЗ}}$  округлюється в більший бік до цілого числа).

Визначення часу безпосереднього перекачування пального в літак відбувається за допомогою залежності

$$t_3 = \frac{3_0 K_p}{v_1} + \frac{E_{\text{ППБ}}}{v_2}, \quad (2)$$

де  $3_0$  – ємність основних паливних баків літака, л;  $K_p$  – коефіцієнт розходу пального в основних паливних баках за виліт (приймається рівним 0,85);  $v_1$  – продуктивність роздавальної системи паливозаправника до основних паливних баків літака (за умов заправлення літака через один роздавальний рукав діаметром 50 мм продуктивність роздавальної системи ПЗ дорівнює 500 л/хв. [5]);  $v_2$  – продуктивність роздавальної системи паливозаправника до підвісних паливних баків літака (дорівнює 120 л/хв.);  $E$  – ємність підвісного паливного бака (дорівнює 800 л);  $p_{\text{ППБ}}$  – кількість ППБ, що встановлюються на літак на даний виліт.

При визначенні часу заправлення брТА авіаційним паливом необхідно враховувати можливості рухомих засобів щодо подачі пального до літаків. Під час забезпечення бойових дій брТА силами та засобами тилу виникає необхідність в додаткових рейсах на склад ПММ, кількість яких визначається за допомогою такої залежності:

$$n_p = \frac{(3_0 K_p + E_p) t}{N_{\text{ПЗ}} W_{\text{ПЗ}} + N_{\text{АЦ}} W_{\text{АЦ}}}, \quad (3)$$

де  $W_{\text{ПЗ}}$  – ємність ПЗ, л;  $N_{\text{АЦ}}$  – кількість автоцистерн (АЦ), що виділені;  $W_{\text{АЦ}}$  – ємність АЦ, л.

За умов, коли  $n_p > 1$ , виникає потреба в додатковому рейсі рухомих засобів на склад. При комплексному використанні ПЗ та АЦ для скорочення загального часу заправлення останні розкачуються в першу чергу.

Відповідно методики [4] проведені розрахунки, які дозволили визначити фактичний час заправлення літаків авіаційним паливом існуючими засобами АТЗ за три доби ведення *брТА* бойових дій (з урахуванням очікуємих втрат засобів АТЗ).

Для моделювання процесу підготовки літаків до повторного вильоту в статті запропонований метод теорії масового обслуговування. При цьому система АТЗ розглядається як система масового обслуговування (СМО) з очікуванням при обмеженій кількості заявок в черзі. Під каналами обслуговування розуміються засоби заправлення (ТЗ-22М та заправочні агрегати централізованої системи заправлення літаків типу ЦЗТ-4), кількість яких менше кількості літаків *брТА*, що розглядаються в якості заявок, що надходять для обслуговування. Потік заявок описується законом розподілу Пуассона.

Визначення щільності потоку літаків, що потребуватимуть АТЗ, відбувається з обов'язковим урахуванням умов ведення *брТА* бойових дій.

Потік подій (надходження літаків на обслуговування) приймається простішим, тобто таким, який володіє наступними властивостями: стаціонарністю, ординарністю та відсутністю післядії.

Таке припущення прийнято відповідно наступних міркувань. Моменти здійснення посадки пар літаків *брТА* після виконання бойових завдань – події незалежні в проміжки часу, що не перетинаються. Надходження тої чи іншої пари літаків на обслуговування не залежить від того, скільки їх вже раніше підлягало обслуговуванню. Кількість заявок, що надходять для обслуговування, залежать від їх щільності.

Якщо на аеродром здійснила посадку пара літаків, то паливозаправник одразу починає процес обслуговування. За умов, коли всі паливозаправники вже зайняті, літаки очікують черги на обслуговування. В цей час можуть здійснюватися інші роботи (операції), що пов'язані з процесом АТЗ літаків *брТА*. Інтенсивність потоку пар літаків, що надходять для обслуговування розраховується за допомогою формули

$$\lambda = \delta / (2\bar{t}_{\text{а.а.}}), \quad (4)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність потоку – середній час подій, що приходяться на одиницю часу;  $t$  – кількість літаків;  $\bar{t}_{\text{б.д.}}$  – час ведення бойових дій *брТА*.

Інтенсивність потоку пар літаків, що були обслужені (підготовлені) ( $\mu$ ), буде визначатися як

$$\mu = 1 / \bar{t}_{\text{і.а.н.}}, \quad (5)$$

де  $\bar{t}_{\text{обсл.}}$  – середній час заправлення пари літаків авіаційним паливом.

Значення приведеної інтенсивності потоку заявок ( $\alpha$ ) визначається за формулою [8]

$$\alpha = \lambda / \mu. \quad (6)$$

В [9] визначено, що для існування фінальних ймовірностей, що характеризують функціонування багатоканальних СМО з необмеженою чергою, повинна виконуватися умова

$$\alpha / i < 1, \quad (7)$$

де  $p$  – кількість каналів (ПЗ).

Отримані значення відношення  $\alpha / i$  показують правомірність дослідження системи АТЗ в якості багатоканальної СМО з очікуванням.

Такий висновок є коректним, тому що система АТЗ у більшості випадків може розглядатися як СМО з обмеженою чергою.

Враховуючи методичні положення щодо оцінювання багатоканальних СМО з очікуванням [9 – 12], для проведення кількісної оцінки системи АТЗ *брТА* використовуються такі залежності.

1. Імовірність того, що всі засоби АТЗ вільні від обслуговування:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{(m/2)! \alpha^k}{k! [(m/2) - k]!} + \sum_{k=n+1}^{m/2} \frac{(m/2)! \alpha^k}{n^{k-n} n! [(m/2) - k]!}}. \quad (8)$$

2. Імовірність того, що обслуговуванням зайнято  $k$  засобів АТЗ:

$$P_k = \frac{(m/2)! \alpha^k P_0}{n! [(m/2) - k]!}, \quad \text{при } 1 \leq k \leq n. \quad (9)$$

За умов, коли  $\delta/2$  буде приймати дрібне значення результат округлюється до цілого числа в більший бік.

3. Імовірність того, що всі засоби АТЗ зайняті (імовірність відмови в негайному забезпеченні літаків):

$$P_n = \frac{(m/2)! \alpha^n P_0}{n! [(m/2) - n]!}. \quad (10)$$

4. Середня кількість літаків, що обслуговуються та очікують на обслуговування:

$$N_{\text{і.а.н.}} = 2 \cdot \left[ \sum_{k=1}^n \frac{(m/2)! \alpha^k}{(k-1)! [(m/2) - k]!} + \sum_{k=n+1}^{m/2} \frac{k (m/2)! \alpha^k}{n^{k-n} n! [(m/2) - k]!} \right] \cdot P_0. \quad (11)$$

5. Середня кількість літаків, що очікують на обслуговування (середня довжина черги) у зв'язку із зайнятістю засобів АТЗ:

$$N_{\text{оч.}} = 2 \sum_{k=n+1}^{m/2} \frac{(k-n) (m/2)! \alpha^k}{n^{k-n} n! [(m/2) - k]!} P_0. \quad (12)$$

6. Відсоток кількості літаків, що будуть очікувати на обслуговування, від кількості літаків, які знаходяться на аеродромі

$$R = \frac{N_{\text{оч.}}}{N_{\text{обсл.} + \text{оч.}}} \cdot 100\%. \quad (13)$$

7. Середня кількість вільних від обслуговування засобів АТЗ:

$$N_{\text{АТЗ}} = \sum_{k=0}^n \frac{(n-k) (m/2)! \alpha^k}{k! [(m/2) - k]!} P_0. \quad (14)$$

8. Час очікування літаків на обслуговування у зв'язку із зайнятістю засобів АТЗ:

$$t_{i \pm} = N_{i \pm} / \lambda. \quad (15)$$

З використанням наведених формул визначається залежність часу очікування літаків на обслуговування у зв'язку із зайнятістю засобів АТЗ ( $t_{оч.}$ ), середня кількість літаків, що обслуговуються та очікують на обслуговування ( $N_{обсл.+оч.}$ ) та середня кількість літаків, що очікують на обслуговування у зв'язку із зайнятістю засобів АТЗ ( $N_{оч.}$ ), від змін інтенсивності потоку пар літаків, які надходять для обслуговування ( $\lambda$ ), та кількості засобів АТЗ.

За умов, коли виникає необхідність у визначенні чисельних значень щодо середньої кількості літаків ае, що обслуговуються та очікують на обслуговування ( $N_{обсл.+оч.}$ ), середньої кількості літаків ае, які очікують на обслуговування у зв'язку із зайнятістю засобів АТЗ ( $N_{оч.}$ ) та середньої кількості вільних від обслуговування засобів АТЗ ( $N_{АТЗ}$ ), доцільно використовувати залежності [9], а саме:

визначення  $N_{обсл.+оч.}$  проводиться за формулою

$$N_{обсл.+оч.} = \left[ \sum_{k=1}^n \frac{(m)! \alpha^k}{(k-1)!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{k(m)! \alpha^k}{n^{k-n} n! [\tau-k]!} \right] P_0; \quad (16)$$

розрахунок  $N_{оч.}$  проводиться з використанням залежності

$$N_{оч.} = \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n) \tau! \alpha^k}{n^{k-n} n! (\tau-k)!} P_0; \quad (17)$$

$N_{АТЗ}$  розраховується за допомогою формули

$$N_{АТЗ} = \sum_{k=0}^n \frac{(n-k) \tau! \alpha^k}{k! (\tau-k)!} P_0; \quad (18)$$

в свою чергу, розрахунок імовірності того, що всі засоби АТЗ вільні від обслуговування, доцільно проводити з використанням формули

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\tau! \alpha^k}{k! (\tau-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{\tau! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (19)$$

#### МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПРАВКИ САМОЛЕТОВ БРИГАДЫ ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ

В.В. Тюрин, О.В. Ивчук

В статье раскрыты основные положения методики оценивания эффективности заправки самолетов бригады тактической авиации. Предложенный методический подход позволяет проводить оценивание эффективности заправки самолетов брТА в зависимости от наличного количества средств АТЗ (ПЗ) и с учетом динамики ведения боевых действий за каждое время операции (боевых действий).

**Ключевые слова:** тактическая авиация, эффективность, самолет.

#### METHODICAL GOING NEAR THE EVALUATION OF EFFICIENCY OF PRIMING OF AIRPLANES OF BRIGADE OF TACTICAL AVIATION

V.V. Tyurin, O.V. Ivchuk

The substantive provisions of method of evaluation of efficiency of priming of airplanes of brigade of tactical aviation are exposed in the article. Predlozhenyy methodical approach allows to conduct the evaluation of efficiency of priming of airplanes of брТА depending on the available amount of facilities of АТЗ (PZ) and taking into account the dynamics of conduct of the battle acting on every time of operation (battle actions).

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, запропонований в статті методичний підхід дозволяє проводити оцінювання ефективності заправки літаків брТА в залежності від наявної кількості засобів АТЗ (ПЗ) та з урахуванням динаміки ведення бойових дій за кожен добу операції (бойових дій). Подальшим напрямком дослідження може бути методики комплексного оцінювання заходів підготовки брТА до повторного вильоту.

#### Список літератури

1. Захаров А.Н. Операция "Лис пустыни" Развитие стратегии и оперативного искусства / А.Н. Захаров // Военная мысль. – 1999. – № 5. □– С. 67-70.
2. Краснов А.Б. Авиация в югославском конфликте / А.Б. Краснов // Военная мысль. □– 1999. –□ № 5. □– С. 71-74.
3. Тыловое обеспечение боевых действий авиационных частей и соединений. □ Ч. I. Тыловое обеспечение боевых действий авиаастей. □□ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1987. □– 463 с.
4. Справочное пособие по средствам аэродромно-технического обеспечения полётов. – М.: Воениздат, 1973. – 279 с.
5. Скоморохов Н.М. Тактика Военно-Воздушных Сил: дивизия – полк. – М.: Воениздат, 1992. – 344 с.
6. Руководство по боевому применению авиационных средств поражения наземных объектов. Ч. I. □– М.: Воениздат, 1984. –□ 392 с.
7. Венцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Венцель. – М.: Сов. радио, 1972. – 551 с.
8. Основы исследования операций в военной технике / Чуев Ю.В., Мельников П.М., Петухов С.Н., Степанов Г.Ф., Шор Я.Б. –□□ М.: Сов. радио, 1965. – 592 с.
9. Венцель Е.С. Прикладные задачи теории вероятностей / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
10. Венцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Венцель. – М.: Наука, Главная ред. физ.-мат. лит., 1980. – 208 с.
11. Букан Дж. Научное управление запасами / Дж. Букан, Э. Кенігсберг. – М.: Наука, 1967. – 424 с.

Надійшла до редколегії 18.02.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**Keywords:** *tactical aviation, efficiency, airplane.*