

УДК 629.7.083

**ДОВЖУК Д.В.**, начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

**ПЕЧУРА Д.С.**, старший науковий співробітник, кандидат технічних наук

**ШАТРОВ А.М.**, провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

**ІЛЬІНА О.В.**, науковий співробітник

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВІАЦІЙНИМИ ЗАСОБАМИ УРАЖЕННЯ**

*У статті викладено результати досліджень авторів щодо визначення ефективності функціонування розімкнутої однорівневої системи забезпечення авіаційними засобами ураження*

*Ключові слова: літальний апарат, авіаційні засоби ураження, система забезпечення*

Досвід розвитку бойової авіації наочно вказує на важливість забезпечення високої якості функціонування системи матеріально-технічного забезпечення, у першу чергу, авіаційними засобами ураження (АЗУ). Беззаперечним фактом є те, що якісне забезпечення АЗУ є необхідною умовою ефективного застосування бойової авіації, тому саме підвищенню якості функціонування даної системи присвячено таку увагу дослідників.

Особливе значення це має в сучасних умовах швидкоплинного розвитку кризових ситуацій, коли оперативність обґрунтування пропозицій, своєчасність виконання розрахунків щодо визначення обсягів постачання відповідних матеріально-технічних засобів на потреби військових частин, удосконалення будь-якої системи або процесу її функціонування є нагальними потребами часу.

Зазначенні актуальні завдання передбачають створення відповідного науково-методичного апарату для підтримки швидкого вироблення та обґрунтування управлінських рішень щодо функціонування системи забезпечення авіаційними засобами ураження, що, у першу чергу, потребує відпрацювання методичного інструментарію адекватної оцінки ефективності функціонування даної системи у широкому спектрі умов.

Ретельний аналіз публікацій, проведений авторами, вказує, що існують два протилежних методологічних підходи до оцінки ефективності функціонування системи забезпечення авіаційними засобами ураження: детермінований та ймовірнісний.

У рамках першого підходу, ефективність функціонування системи забезпечення авіаційними засобами ураження характеризується детерміністськими показниками, які відображають середні значення за деякий період часу.

У рамках другого підходу головною характеристикою ефективності функціонування системи забезпечення авіаційними засобами ураження є різні ймовірності, насамперед, ймовірність нормального (штатного) функціонування системи забезпечення АЗУ підрозділу, тобто виконання усіх покладених функцій, умови своєчасного забезпечення всіх літаків АЗУ заданої номенклатури.

Кожний із зазначених підходів має власні переваги та принципові недоліки, при цьому, для рівня довготермінового аналізу й управління більш зручними є детерміновані характеристики, для рівня короткотермінового (оперативного) управління переваги має розгляд імовірнісних характеристик. У запропонованому дослідженні автори сконцентрували увагу саме на імовірнісному опису функціонування системи забезпечення АЗУ авіаційних підрозділів.

Аналіз останніх досліджень показує, що ефективність функціонування ракетно-технічного забезпечення як виду технічного забезпечення є комплексним показником, що складається з показників оцінки ефективності функціонування системи управління, виробничих підрозділів та системи забезпечення авіаційними засобами ураження АЗУ.

Ретельний аналіз особливостей системи, що розглядається, проведений авторами дозволяє обмежити коло варіантів моделей системи варіантом однорівневої системи ракетно-технічного забезпечення [1].

Така система існує у випадку забезпечення АЗУ літальних апаратів (ЛА), які базуються на аеродромі, де до початку бойових дій утримувався відомий запас АЗУ, достатній для спорядження ними розташованої на аеродромі відомої кількості ЛА.

Гнучкість однорівневої системи, відсутність надмірних організаційно-технічних елементів, які потрібні для її організації, зрозумілість процесів та функцій складових - є головними перевагами розгляду саме такої моделі системи забезпечення АЗУ авіаційних підрозділів.

Розглянемо два стана системи забезпечення АЗУ підрозділу. Перший відповідає умові, якщо АЗУ незабезпечений хоча б один ЛА з  $n_{ла}$  у підрозділі, другий – протилежної умові: АЗУ забезпечені всі ЛА у підрозділі. Відповідно до цього другий стан визначимо як нормальне (штатне) функціонування системи забезпечення АЗУ підрозділу.

Будемо вважати, що априорно відомі:

кількісний склад підрозділу, який потрібно забезпечувати АЗУ –  $n_{ла}$ ;

інтенсивність витрати АЗУ за окремими типами кожним ЛА підрозділу  $\lambda_i$ ;

обсяг запасів АЗУ (боєкомплектів) за кожним типом (номенклатурою)  $m_i$ ;

Для цих умов, формалізоване завдання полягає у визначенні функціональної залежності ймовірностей нормального функціонування системи забезпечення АЗУ  $R(t_d)$  цього підрозділу від відомих значень параметрів інтенсивності застосування АЗУ  $\lambda_i$  та часу  $t_p$ , протягом якого триває операція.

При цьому, будемо вважати, що:

у загальному випадку до запасів можуть належати АЗУ всіх  $i$ -тих типів, що складають номенклатуру засобів ураження, які дозволено застосовувати на даному типі ЛА та що кількість АЗУ будь-якого окремого типу обмежено

$$0 \leq m_i < Q_i, \quad (1)$$

де  $Q_i$  – максимально можливий запас АЗУ, який обчислюється у відповідних розрахунково-постачальних одиницях (наприклад, у боєкомплектах) за кожним  $i$ -тим типом (номенклатурою);

будемо враховувати випадок, коли необхідна кількість АЗУ якого-небудь типу може перевищити кількість АЗУ, які знаходяться у запасах:

У зв'язку з цим завжди буде існувати того, що

$$q_{m_i}(t_p) = W\{k_i(t_p) > m_i\}, \quad (2)$$

де  $q_{m_i}(t_p)$  – імовірність випадку, коли необхідна кількість АЗУ  $i$ -го типу може перевищити кількість АЗУ, які знаходяться у запасах;  $k_i(t_p)$  – кількість невиконаних поставок АЗУ  $i$ -го типу.

Відповідно до прийнятих припущень запас АЗУ, розподілений на окремі боєкомплекти, повинний бути достатнім для забезпечення нормального функціонування розташованої на даному аеродромі кількості ЛА протягом визначеного часу.

За умови, що для різних ЛА підрозділу потреби у АЗУ є подіями незалежними, імовірність нормального функціонування системи забезпечення АЗУ  $R(t_p)$  цього підрозділу протягом заданого терміну буде визначатися рівнянням

$$R(t_p) = \prod_{i=1}^l r_{m_i}(t_p), \quad (3)$$

або

$$R(t_p) = 1 - \prod_{i=1}^l q_{m_i}(t_p), \quad (4)$$

де  $r_{m_i}(t_p)$  – імовірність нормального функціонування системи забезпечення за  $i$ -им типом АЗУ за час проведення операції  $t_p$ ;  $q_{m_i}(t_p)$  – імовірність протилежного випадку.

Отже, для визначення імовірності нормального функціонування системи забезпечення АЗУ у цілому  $R(t_p)$  необхідно обчислити імовірності нормального функціонування її за окремими необхідними типами АЗУ  $r_{m_i}(t_p)$ .

Для цього необхідно знати розподіл числа невиконаних поставок АЗУ (невиконаних заявок щодо подачі АЗУ) за типами протягом операції (причини у даному випадку не мають значення)

$$q_i(0, t_p); q_i(1, t_p); \dots; q_i(k, t_p),$$

де  $k = 0, 1, 2, \dots$  – кількість невиконаних заявок щодо подачі АЗУ за типами (вибирається за досвідом роботи системи забезпечення АЗУ);  $q_i(k, t_p)$  – імовірність невиконання рівно  $k$  заявок на подачу АЗУ  $i$ -ї номенклатури

за час операції  $t_p$ .

Імовірність нормального функціонування системи забезпечення АЗУ за будь-якою окремою потрібною номенклатурою визначається обчислюванням імовірності невиконання рівно  $k$  заявок стосовно подачі у військову частину АЗУ потрібного типу. Слід зауважити, що розрахунок імовірності нормального функціонування системи забезпечення АЗУ за окремими потрібними типами залежить від характеру процесу витрати, який може бути або безперервним (протягом доби), або періодичним.

Відповідним чином буде здійснюватися і подача АЗУ: або вся потрібна кількість АЗУ буде підвезена декількома транспортними одиницями за один раз, або цей процес буде здійснюватися меншою кількістю транспортних одиниць і вся потрібна кількість АЗУ буде підвезена за декілька рейсів.

Проведений аналіз дозволив прийняти припущення про можливість (головне, доцільність) розгляду потоків витрати АЗУ окремими ЛА у сучасних кризових ситуаціях як простішого потоку, внаслідок чого і сумарний потік витрати АЗУ підрозділом у складі  $n_{ла}$  також є найпростішим з параметром  $\Lambda$ , значення якого дорівнює

$$\Lambda = \sum_{j=1}^{n_{ла}} \lambda_j \text{ при } \lambda_1 \neq \lambda_2 \neq \dots \neq \lambda_j \quad (5)$$

або

$$\Lambda = n_{ла} \cdot \lambda_j \text{ при } \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_j, \quad (6)$$

де  $j = 1, 2, \dots, n_{ла}$  – кількість ЛА у підрозділі.

Якщо при бойовому застосуванні інтенсивності витрати АЗУ ЛА підрозділу відрізняються між собою за часом, тобто

$$\lambda_1(t_p) \neq \lambda_2(t_p) \neq \dots \neq \lambda_n(t_p),$$

але їх залежність від часу має однакову закономірність, тоді інтенсивність сумарної витрати АЗУ визначимо як

$$\Lambda(t_p) = \sum_{j=1}^{n_{ла}} \lambda_j(t_p). \quad (7)$$

Для найпростішого потоку витрати АЗУ окремими ЛА розподіл ймовірностей невиконання рівно  $k$  заявок на подачу (подача вимірюється у боєкомплектах) протягом часу операції  $t_p$  визначимо за допомогою розподілу Пуассона [2]

$$q(k, t_p) = \frac{(\Lambda \cdot t_p)^k}{k!} \cdot e^{-\Lambda \cdot t_p}. \quad (8)$$

Тоді чисельне значення імовірності забезпечення АЗУ підрозділу, до складу якого входять  $n_{ла}$ , за умови подачі  $m$  боєкомплектів  $i$ -ї номенклатури АЗУ, визначимо як

$$r_{m_i}(t_p) = 1 - e^{-\Lambda \cdot t_p} \cdot \sum_{k=0}^{m_i} \frac{(\Lambda \cdot t_p)^k}{k!}, \quad (9)$$

де  $\Lambda \cdot t_p = Q_{cp}(t_p)$  – середня витрата АЗУ протягом часу  $t_p$ ; вона може бути задана директивою або прийнятою за попереднім досвідом ведення бойових дій.

Тому (9) запишемо

$$r_{m_i}(t_p) = 1 - e^{-Q_{cp}(t_p)} \cdot \sum_{k=0}^{m_i} \frac{(Q_{cp}(t_p))^k}{k!}. \quad (10)$$

Відповідно до цього, справедливим є твердження, що

$$Q_{\bar{r}\delta}(t_\delta) = \int_{t=0}^{t_\delta} \Lambda(t_\delta) dt. \quad (11)$$

Таким чином, на основі апріорно відомих значень параметрів інтенсивності застосування АЗУ  $\lambda_i$  та часу  $t_p$ , протягом якого триває операція із урахуванням обмежень, приведених вище, можна отримати кількісну імовірнісну оцінку ефективності функціонування системи забезпечення авіаційних підрозділів АЗУ  $R(t_\delta)$  послідовним розрахунком рівнянь (3) – (10).

Слід зазначити, що для визначення імовірності гарантованого забезпечення відомої кількості ЛА АЗУ за всіма типами  $R(t_\delta)$  в операції, що проводитиметься, необхідно перемножити імовірності гарантованого забезпечення АЗУ  $r_{m_i}(t_\delta)$   $i$ -тих типів ( $i = 1, 2, \dots, l$ ), які використовуватимуться в операції, для чого потрібно скористатися формулою (3).

Особливістю методичного підходу щодо оцінки ефективності функціонування системи забезпечення авіаційними засобами ураження є існування взаємної залежності між значенням довірчого інтервалу та необхідною кількістю рейсів транспортної одиниці при виконанні умови перевезення потрібної кількості АЗУ.

Дійсно, у цьому випадку неможливо одночасно визначити ці два показника одночасно.

Тому неможна одночасно визначити довірчий інтервал та кількість

Дійсно, для визначення довірчого інтервалу  $\Delta_r$  для заданої надійності  $\alpha$  необхідно знання значення імовірності  $r_{m_i}(t_p)$  [2]:

$$\Delta_r = \Phi_0^{-1} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{\frac{r_{m_i}(t_p)(1 - r_{m_i}(t_p))}{n}}, \quad (12)$$

де  $n$  – розрахункова кількість рейсів приведеної транспортної одиниці за умови виконання транспортними підрозділами перевезення потрібної кількості АЗУ  $Q_i(t_p) \geq Q_{icp}(t_p)$  з імовірністю, приведеною до імовірності забезпечення АЗУ  $r_{m_i}(t_p)$ . Кількість рейсів транспортної одиниці є складною функцією  $Q_{icp}(t_p)$ ,  $Q_i$ , відстані перевезень, терміну доставки, характеристик транспорту тощо. Під поняттям “приведена транспортна одиниця” розуміється така кількість транспортних засобів,

на яку можна завантажити одну розрахунково-постачальну одиницю АЗУ одного типу для конкретного літака [3]. Кількісний склад розрахункової одиниці АЗУ дорівнює тій, за допомогою якої обчислені значення  $Q_{i_{cp}}(t_p)$  та  $Q_i(t_p)$ .

Навпаки, для заданих значень  $r_{m_i}(t_p)$  та  $\alpha$  можна обчислити необхідну кількість рейсів приведеної транспортної одиниці для забезпечення авіаційної частини потрібною кількістю АЗУ  $i$ -ї номенклатури (типу) при умові завдання  $\Delta_r$  - значення довірчого інтервалу:

$$n = \frac{r_{m_i}(t_p) - r_{m_i}^2(t_p)}{\Delta_r^2} \left[ \Phi_0^{-1} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \right]^2. \quad (13)$$

Наявність взаємозв'язку є методичною особливістю підходу, яку необхідно враховувати при застосуванні для запобігання помилкової інтерпретації отриманих даних розрахунків.

В результаті проведеного дослідження отримано залежності, які можна використовувати у практичній діяльності для управління запасами АЗУ, гарантувати якісне забезпечення підрозділів авіації всіма типами АЗУ, які плануватимуться для використання.

Адекватне врахування специфічних особливостей організації системи забезпечення підрозділів авіації АЗУ дозволить значно спростити процес визначення імовірності гарантованого забезпечення частин та підрозділів авіації АЗУ за окремими або всіма номенклатурами (типами), які плануватимуться для використання – інформації, яка необхідна для прийняття своєчасних управлінських рішень та відповідно до цього підвищення ефективності застосування авіації Збройних Сил України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Эйбшиц В.М. Теоретические основы эксплуатации вооружения. Учебное пособие. – МО СССР, 1977. – 261с.
2. Гладков Д.И. Вероятностные основы систем авиационного вооружения. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1976. – 445с.
3. Баширов И.Ф. Вероятностные основы авиационного вооружения / И.Ф. Баширов, С.С. Мороз, Б.И Ткаля // – К.: КВВАИУ, 1982. – 398с.

*Надійшла до редакції 24.10.2014*