

# Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 355.02:629.7.017

О.Б. Котов, В.М. Петров

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТРІБНИХ НАРЯДІВ СИЛ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ ДЛЯ УРАЖЕННЯ ОДИНОЧНИХ ТА ГРУПОВИХ НАЗЕМНИХ (НАДВОДНИХ) ОБ'ЄКТІВ ПРОТИВНИКА

Розглядається удосконалена методика розрахунків по визначенню потрібних нарядів бойових авіаційних комплексів для ураження за заданим типом одиночних, групових (площинних) об'єктів противника різними авіаційними засобами ураження, яке відрізняється від відомих значно меншими потрібними витратами часу на отримання результату.

**Ключові слова:** ймовірність ураження, уразливий елемент, наряд сил, авіаційні засоби ураження, середнє квадратичне відхилення, бойовий авіаційний комплекс.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Зниження кількісно-якісних показників бойового потенціалу авіації Повітряних Сил Збройних Сил України в останні роки привело до виникнення протиріччя між наявними та потрібними силами та засобами тактичної авіації (ТА) для виконання бойових завдань, зокрема ударних. Основними напрямками розв'язання цього протиріччя є залучення до виконання ударних завдань різнорідних сил та засобів ТА та підвищення ймовірнісних показників ефективності бойових дій. Ефективність бойових дій ТА у великій ступені залежить від точного та оперативного визначення потрібних нарядів сил, вибору їх раціонального варіанту та оптимального розподілення по об'єктах дій. Потрібний наряд сил залежить від типу цілі, льотно-технічних характеристик бойового авіаційного комплексу (БАК), технічних характеристик його комплексу авіаційного озброєння і обладнання, умов бойового застосування і рівня підготовки льотного складу [1]. Існуюча методика визначення потрібних нарядів БАК некерованими авіаційними засобами ураження (АЗУ) базується на зонній методиці, в основу якої закладений графоаналітичний спосіб розрахунків, при виконанні яких необхідно використовувати керівництва, таблиці та графіки. Внаслідок цього вирішення задачі являє собою складний трудомісткий процес, який пов'язаний з витратами значних сил та часу, важко формалізується, потребує особливі підходи до автоматизації процесу розрахунків. До того ж відомі методики не дозволяють враховувати особливості при використанні різнорідних сил та засобів. Методичний підхід до визначення потрібних нарядів сил ТА, що розробляється, базується на суто аналітичних способах виконання розрахунків та виключає недоліки існуючої методики.

**Метою статті** є розробка удосконаленої методики обґрунтування потрібних нарядів БАК для

ураження за заданим типом одиночних, групових (площинних) об'єктів противника різними АЗУ.

### Основна частина

Потрібний наряд БАК для ураження одиночної (елементарної) цілі з гарантованою ймовірністю  $W_{\Gamma}$  розраховується за відомим виразом:

$$N_{\Pi} = \frac{\ln(1 - W_{\Gamma})}{\ln(1 - W)}, \quad (1)$$

де  $W$  – ймовірність ураження цілі одним вогневим впливом (стрільбою, пуском некерованих авіаційних ракет (НАР), бомбометанням,) з одного БАК.

Потрібний наряд БАК для ураження групової цілі із загальною кількістю  $T_{\Pi}$  елементарних цілей в його складі розраховується після того, як визначені потрібні наряди БАК для ураження елементарних об'єктів (уразливих елементів – УЕ), що знаходяться у складі групової цілі, по формулі:

$$N_{\Pi} = \sum_{i=1}^{k_{\Pi}} N_{\Gamma_i}, \quad (2)$$

де  $N_{\Gamma_i}$  – отримане значення потрібного наряду БАК для ураження  $i$ -ої елементарної цілі (УЕ) із складу групової, яке розраховане по формулі з [2];  $k_{\Pi}$  – кількість УЕ із загальної кількості  $N_{\Pi}$  у складі групової, яку необхідно уразити для досягнення заданого ступеня ураження групової цілі. Результат усереднюється до цілого значення у більшу сторону.

Кількість УЕ, у свою чергу, визначається як:

$$k_{\Pi} = N_{\Pi} U_{3\text{АД}}, \quad (3)$$

де  $U_{3\text{АД}}$  – задана доля ураження усіх елементарних цілей (уразливих елементів), що входять у склад групового об'єкту, за заданим типом ураження, для досягнення заданої норми ураження групової цілі.

Ймовірність ураження цілі одним БАК може бути оціненом як:

$$W = k \cdot W^{(H)} + (1-k)W^{(\Phi)}, \quad (4)$$

де  $k = k(\mu, M)$  – коефіцієнт, що враховує міру залежності між вогневими впливами (стрільбами, пусками НАР, бомбометаннями), який визначається:

$$k = \begin{cases} 1 - A \cdot e^{-B} & \text{при } \mu > 0,1 \\ 1 & \text{при } \mu \leq 0,1 \end{cases}, \quad (5)$$

$$A = \frac{9\mu^3 M (1 - \sqrt{1 - \mu^2})}{9\mu^3 M + 1 - \mu^{20}}; \quad B = \frac{0,023(1 - \mu^{20})(M - 2)}{1 - \sqrt{1 - \mu^{20}}},$$

де  $\mu$  – усереднений по осях коефіцієнт кореляції;  $M$  – математичне очікування числа вражаючих попадань в ціль;  $W^{(H)}$  – ймовірність ураження цілі при одному вогневому впливі АЗУ (стрільбі, пуску НАР, бомбометанні) незалежними пострілами, розраховується як:

$$W^{(H)} = 1 - (1 - p \cdot r^*)^n. \quad (6)$$

$W^{(\Phi)}$  – ймовірність ураження цілі при одному вогневому впливі АЗУ (стрільбі, пуску НАР, бомбометанні) функціонально залежними пострілами (такими, коли усі снаряди потрапляють туди, куди потрапляє перший снаряд, бомба, НАР). Розраховується як:

$$W^{(\Phi)} = p \left[ 1 - (1 - r^*)^n \right]. \quad (7)$$

В свою чергу усереднений по осях коефіцієнт кореляції розраховується як:

$$\mu = \frac{\sigma_{X\Gamma} \sigma_{Z\Gamma}}{\sigma_X \sigma_Z}. \quad (8)$$

Математичне сподівання числа вражаючих попадань в ціль обчислюється:

$$M = n \cdot p \cdot r^*, \quad (9)$$

де  $n$  – число АЗУ в одному вогневому впливі (стрільбі, пуску НАР, бомбометанні);  $r^*$  – умовна ймовірність ураження приведеної цілі при одному попаданні в неї АЗУ, яка розраховується як:

$$r^* = r \frac{\Pi_X \cdot \Pi_Z}{\Pi_X^* \cdot \Pi_Z^*}, \quad (10)$$

де  $r$  – умовна ймовірність ураження цілі при одному попаданні в неї АЗУ і розраховується:

$$r = 1/\omega, \quad (11)$$

де  $\omega$  – середнє, необхідне для ураження цілі число попадань в неї АЗУ. Визначається досвідним шляхом, приводиться в керівництвах по бойовому застосуванню АЗУ;  $p$  – ймовірність попадання АЗУ в приведену ціль, визначається як:

$$p = p_X \cdot p_Z, \quad (12)$$

де  $p_X, p_Z$  – ймовірність попадання в приведену ціль по осях  $OX, OZ$ , які визначаються:

$$p_X = \Phi_0 \left( \frac{\Pi_X^* + m_X}{\sigma_X} \right) + \Phi_0 \left( \frac{\Pi_X^* - m_X}{\sigma_X} \right); \quad (13)$$

$$p_Z = \Phi_0 \left( \frac{\Pi_Z^* + m_Z}{\sigma_Z} \right) + \Phi_0 \left( \frac{\Pi_Z^* - m_Z}{\sigma_Z} \right), \quad (14)$$

де  $m_X, m_Z$  – математичні очікування координат центру розсіювання АЗУ відносно центру цілі по осях  $OX, OZ$ . Визначаються шляхом статистичної обробки результатів бойового застосування по кожному БАК (це середній результат бойового застосування АЗУ в процесі бойової підготовки, розкладений по осях);

$$\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt - \text{функція Лапласа};$$

$\Pi_X^*, \Pi_Z^*$  – приведені розміри цілі по осях  $OX, OZ$ , які розраховуються як:

$$\Pi_X^* = \Pi_X + \frac{n}{n-1} \ell_{X\Gamma}; \quad (15)$$

$$\Pi_Z^* = \Pi_Z + \frac{n}{n-1} \ell_{Z\Gamma}, \quad (16)$$

де  $\Pi_X, \Pi_Z$  – розміри цілі по осях  $OX, OZ$ ;  $\ell_{X\Gamma}, \ell_{Z\Gamma}$  – величини теоретичного розосередження АЗУ по осях  $OX, OZ$  (довжина серії, ширина серії);  $\sigma_X, \sigma_Z$  – середні квадратичні відхилення (СКВ) складових сумарного розсіювання АЗУ по осях  $OX, OZ$ . Залежать від точнісних характеристик прицільно-навігаційного комплексу БАК, типу АЗУ, способу і умов нанесення удару (у тому числі від висоти і швидкості бойового застосування), рівня підготовки льотного складу. Визначаються при статистичній обробці результатів бойового застосування кожного БАК або (та) з урахуванням фактичного рівня підготовки льотного складу по формулах:

$$\sigma_X = \sqrt{\sigma_{X\Gamma}^2 + \sigma_{X\Gamma}^2}; \quad (17)$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\sigma_{Z\Gamma}^2 + \sigma_{Z\Gamma}^2}, \quad (18)$$

де  $\sigma_{X\Gamma}, \sigma_{Z\Gamma}, \sigma_{X\Gamma}, \sigma_{Z\Gamma}$  – СКВ складових групового та індивідуального розсіювання АЗУ по осях  $OX, OZ$ .

Групове розсіювання з'являється за рахунок помилок, що виникають при бойовому застосуванні, та є загальним для усіх АЗУ даної групи. Цей показник визначає положення теоретичного центру групування (центру розосередження)  $n$  АЗУ.

Індивідуальне розсіювання виникає за рахунок відхилень кожного АЗУ від теоретичного центру групування (центру розосередження)  $n$  АЗУ.

За відсутності результатів статистичної обробки бойового застосування АЗУ для визначення СКВ складових групового і індивідуального розсіювання по осях використовують нормативні СКВ цих складових:

$$\sigma_{X\Gamma}^H = 1,48E_{X\Gamma}^H; \quad \sigma_{Z\Gamma}^H = 1,48E_{Z\Gamma}^H; \quad (19)$$

$$\sigma_{X\Gamma}^H = 1,48E_{X\Gamma}^H; \quad \sigma_{Z\Gamma}^H = 1,48E_{Z\Gamma}^H; \quad (20)$$

де  $E_{X\Gamma}^H, E_{Z\Gamma}^H, E_{X\Gamma}^H, E_{Z\Gamma}^H$  – нормативні ймовірні групові і індивідуальні відхилення при бойовому застосуванні.

Нормативні ймовірні групові та індивідуальні відхилення розраховуються як:

$$E_{XГ}^H = \frac{\tilde{E}_{XГ}^H}{\sin \lambda}; \quad E_{ZГ}^H = \tilde{E}_{ZГ}^H; \quad (21)$$

$$E_{XІ}^H = \frac{\tilde{E}_{XІ}^H}{\sin \lambda}; \quad E_{ZІ}^H = \tilde{E}_{ZІ}^H; \quad (22)$$

де  $\tilde{E}_{XГ}^H$ ,  $\tilde{E}_{ZГ}^H$ ,  $\tilde{E}_{XІ}^H$ ,  $\tilde{E}_{ZІ}^H$  – нормативні ймовірні групові та індивідуальні відхилення при стрільбі з гармат і НАР в картинній площині;  $\lambda$  – кут пікірування при стрільбі (пуску НАР).

Нормативні ймовірні групові та індивідуальні відхилення в картинній площині розраховуються:

$$\tilde{E}_{XГ}^H = \tilde{E}_{ZГ}^H = a_E^Г \cdot D_{ср}; \quad (23)$$

$$\tilde{E}_{XІ}^H = \tilde{E}_{ZІ}^H = a_E^І \cdot D_{ср}, \quad (24)$$

де  $a_E^Г$ ,  $a_E^І$  – нормативні помилки для визначення групових і індивідуальних ймовірних відхилень при стрільбі з гармат і НАР в картинній площині. Їх значення складають:  $a_E^Г = 0,005$  (5 мілірадіан (мрад)),  $a_E^І = 0,003$  (3 мрад) – для артилерійських снарядів і НАР малого калібру;  $a_E^Г = 0,006$  (6 мрад),  $a_E^І = 0,004$  (4 мрад) – для НАР великого калібру;  $D_{ср}$  – середня дальність вогневого впливу (стрільби, пуску НАР, бомбометання).

СКВ складових двох груп помилок бойового застосування (групового та індивідуального розсіювання) ( $\sigma_{XГ}$ ,  $\sigma_{ZГ}$ ,  $\sigma_{XІ}$ ,  $\sigma_{ZІ}$ ) залежать від рівня підготовки льотного складу і враховується за допомогою коефіцієнта вогневої підготовки екіпажу як:

$$\sigma_{XГ} = \sigma_{XГ}^H \cdot k_{п}^*; \quad \sigma_{ZГ} = \sigma_{ZГ}^H \cdot k_{п}^*; \quad (25)$$

$$\sigma_{XІ} = \sigma_{XІ}^H \cdot k_{п}^*; \quad \sigma_{ZІ} = \sigma_{ZІ}^H \cdot k_{п}^*, \quad (26)$$

де  $k_{п}^*$  – середній коефіцієнт вогневої підготовки екіпажів, що беруть участь в ударі по заданій цілі.

При розрахунку ймовірності ураження одиночної (елементарної) цілі заданим нарядом  $N$  літаків, що мають різний рівень вогневої підготовки екіпажів, СКВ розраховується за допомогою середнього коефіцієнта їх вогневої підготовки, який розраховується:

$$k_{п}^* = \sum_{i=1}^N k_{п_i} / N, \quad (27)$$

де  $k_{п_i}$  – коефіцієнт вогневої підготовки  $i$ -го екіпажу, що бере участь в нанесенні удару по заданій цілі у складі  $N$  екіпажів.

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНАЯ МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ПОТРЕБНЫХ НАРЯДОВ СИЛ ТА ДЛЯ ПОРАЖЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ И ГРУППОВЫХ НАЗЕМНЫХ (НАДВОДНЫХ) ОБЪЕКТОВ ПРОТИВНИКА

А.Б. Котов, В.М. Петров

*Рассматривается усовершенствованная методика расчетов по определению потребных нарядов боевых авиационных комплексов для поражения по заданному типу одиночных, групповых (площадных) объектов противника различными авиационными средствами поражения, которая отличается от известных значительно меньшими требуемыми затратами времени на получение результата.*

**Ключевые слова:** вероятность поражения, уязвимый элемент, наряд сил, авиационные средства поражения, среднее квадратическое отклонение, боевой авиационный комплекс.

Встановлені наступні величини коефіцієнтів вогневої підготовки (ВП) екіпажів:

$k_{п} = 1,25$  при задовільному рівні ВП;

$k_{п} = 1$  при доброму рівні підготовки;

$k_{п} = 0,7$  при відмінному рівні підготовки;

$k_{п} = 0,5$  при рівні підготовки "льотчик-снайпер".

### Висновок

Методика розрахунку потрібних нарядів БАК з різними варіантами АЗУ при нанесенні авіаційних ударів по одиночним, груповим (площинним) наземним та надводним об'єктам противника по заданому типу ураження, яка представлена, відрізняється від існуючої, так званої єдиної зонної оперативної методики, яка виконується графоаналітичним способом, тим, що має перед нею наступні переваги.

1. Розрахунки виконуються суто аналітичним способом, що дозволяє використовувати методику в перспективних АСУ для розрахунків ефективності бойового застосування АЗУ;

2. Являється більш простою, надійною, оперативною та водночас не менш точною методикою;

3. При виконанні розрахунків у "ручному режимі" (без використання засобів автоматизації) потребує у 2, 3 рази менших витрат часу по відношенню до існуючих методик;

4. Дозволяє враховувати рівень вогневої підготовки екіпажів: при наявності статистичної обробки результатів бойового застосування через фактичні значення групових та індивідуальних відхилень результатів бойового застосування кожного екіпажу; при відсутності (неможливості проведення) статистичної обробки результатів бойового застосування через коефіцієнти вогневої підготовки кожного екіпажу;

5. Може бути вмонтованою у єдиний ланцюг рішення задачі ефективності бойового застосування по об'єктам ураження (від визначення потрібних нарядів сил з різними АЗУ до вибору раціонального варіанту сил і засобів та їх розподілення по об'єктам).

### Список літератури

1. Гришин В.И. Боевое применение и боевая эффективность комплекса авиационного вооружения, ч. I. / В.И. Гришин, И.С. Попов – М.: ВВИА, 1974. – 524 с
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Изд-во "Наука", 1964. – 576 с.

Надійшла до редколегії 11.04.2011

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

**ADVANCED TECHNIQUE OF JUSTIFICATION FOR THE TA DRESSES FORCES TO DEFEAT SINGLE  
AND GROUP LAND (SURFACE) OBJECTS OF THE ENEMY**

O.B. Kotov, V.M. Petrov

*We consider the improved calculation methods to identify needs for military aircraft systems orders for the destruction of a given type of individual, group (area), various objects of the enemy air attack, which differs from the known significantly lower than the required amount of time to get a result.*

**Key words:** *the probability of defeat, a vulnerable element outfit forces air attack, the standard deviation, the combat aviation complex.*