

УДК 358:007.35

Спартак Юрійович Гогоняц
Олексій Антонович Улещенко

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДОЛАННЯ ППО ПРОТИВНИКА ЛІТАКАМИ

ППО противника - це сили та засоби, які мають на озброєнні літальні апарати (ЛА), зенітні ракетні комплекси (ЗРК) та зенітну артилерію (ЗА), які спроможні діяти в межах повітряного простору та вирішувати конкретні бойові завдання по знищенню об'єктів нападу.

Ефективність подолання ППО противника літальними апаратами оцінюється ймовірністю їх неураження при польоті до цілі. Бойові можливості і характер дій засобів ППО по різному впливають на подолання їх протидії. В наукових публікаціях приводяться різні методи оцінки подолання ППО. Але з урахуванням бойових можливостей сучасних засобів проблема оцінки подолання ППО одиноким літаком і групою літаків потребує подальшого дослідження.

Стаття має на меті показати новий підхід до вирішення зазначеної проблеми.

Ефективність подолання ППО одиноким літаком

Нехай число атак по літаку, який долає одну зону ППО противника відоме. Якщо засоби системи ППО однорідні (тільки літаки-винищувачі, тільки ЗРК чи ЗА або інше), то ймовірність подолання ППО (неураження літака, що долає ППО) може мати такий вираз:

$$Q = q^n = (1 - W_1)^n,$$

де n - кількість пострілів (атак) по літаку;

W_1 - ймовірність ураження літака з однієї атаки літака.

Якщо $W_1 \neq W_2 \neq \dots \neq W_i$, то

$$Q = \prod_{i=1}^n (1 - W_i),$$

де W_i - ймовірність ураження цілі з i -го пострілу (атаки).

$$W_1 = P_{\text{нав}}(1 - P_{\text{ур}})P_{\text{над}}(1 - P_{\text{рп}})(1 - P_{\text{м}})W_{1T},$$

де $P_{\text{нав}}$ - ймовірність виявлення літака та наведення на нього зенітної ракети або винищувача;

$P_{\text{ур}}$ - ймовірність ураження зенітного засобу бортовими оборонними засобами літака;

$P_{\text{над}}$ - надійність зенітного комплексу;

$P_{\text{рп}}$ - ймовірність зриву атаки зенітного комплексу радіозавадами літака;

$P_{\text{м}}$ - ймовірність зриву атаки зенітного комплексу маневруванням літака;

W_{1T} - ймовірність ураження літака з однієї

атаки по технічним можливостям зенітних засобів ураження;

$$P_{\text{нав}}(1 - P_{\text{ур}})P_{\text{над}}(1 - P_{\text{рп}})(1 - P_{\text{м}}) = P_{\text{ат}} -$$

ймовірність того, що атака (постріл) відбудеться.

Якщо літак при польоті до цілі долає кілька зон ППО противника, то що б долетіти до цілі він не повинен бути ураженим ні в одній із зон ППО. Тоді ймовірність подолання системи ППО буде визначатись формулою:

$$Q = \prod_{i=1}^S Q_i,$$

де S - кількість зон ППО противника;

Q_i - ймовірність подолання i -ї зони ППО.

Ефективність подолання ППО групою літаків

Нехай відомо, що по групі із N літаків буде здійснено n атак (пострілів). Ймовірність ураження літака з однієї атаки дорівнює W_1 . Дopusкаємо, що атаки літаків здійснюються без переносу вогню, тобто при ураженні однієї повітряної цілі вогонь не переноситься на іншу. Розподіл атак по літакам рівномірний, що забезпечує найбільше значення математичного очікування кількості уражених цілей. Тоді по кожному літаку може бути виконано атак:

$$\frac{n}{N} = K + \frac{r}{N},$$

де K - ціле число атак по літакам;

$\frac{r}{N}$ - дрібний остаток, тобто ймовірність того,

що по літаку буде виконано наступна атака.

Ймовірність Q подолання однієї зони ППО кожним літаком групи буде дорівнювати:

$$Q = (1 - W_1)^k \left(1 - \frac{r}{N} W_1\right), \quad (1)$$

де $(1 - W_1)^k$ - ймовірність того, що літак не буде уражений при виконанні K атак;

$1 - \frac{r}{N} W_1$ - ймовірність того, що літак

не буде уражений можливою наступною атакою.

Із формули (1) ясно, що:

при $\frac{n}{N} = k \rightarrow \frac{r}{N} = 0$, а це означає, що

$$Q = (1 - W_1)^{\frac{n}{N}};$$

при $n < N \rightarrow K = 0$, а $r = n$, тому

$$Q = 1 - \frac{n}{N} W_1.$$
 Ймовірність подолання S зон ППО-

$$Q = \prod_{i=1}^S Q_{(i/i-1)},$$

де $Q_{i/i-1}$ – умовна ймовірність подолання i -ї зони, що визначається за умови подолання $i - 1$ зони.

Загальна оцінка ефективності подолання ППО противника

В майбутньому може виникнути задача, коли кільком літакам-бомбардувальникам необхідно буде знищити кілька установок балістичних ракет противника. Бомбардувальник летить в складі групи літаків-випилювачів. Ціль охороняється батареями ЗА, ЗРК та літаками винищувачів противника.

Потрібно визначити ймовірність подолання ППО противника кожним бомбардувальником.

Точна оцінка ефективності подолання ППО в цьому випадку є громіздким завданням навіть для простих умов задачі. Але методику розрахунків можна спростити, якщо зробити такі припущення:

- всі засоби ППО діють спільно;
- кількість засобів – випадкова величина, яка має пуасоновський закон розподілу;
- засоби ППО ведуть стрільбу без переносу вогню.

1) Ослаблення ППО противника за рахунок часткового знищення засобів не враховуються.

Тоді ймовірність подолання ППО кожним бомбардувальником буде дорівнювати:

$$Q = e^{-\frac{a}{N}},$$

де Q – ймовірність того, що бомбардувальник не буде уражений засобами ППО;

$a = W_1 \cdot n$ – середнє число успішних атак засобами ППО по групі із N літаків;

$\frac{a}{N}$ – середнє число успішних атак, що приходиться на один бомбардувальник.

В свою чергу n – всього атак здійснених засобами ППО по групі із N літаків.

Для всіх засобів ППО:

$$a = \sum_{j=1}^k a_j, \quad a_j = W_j n_j, \quad j \in 1, \bar{k};$$

a_j – число успішних атак i -м засобом ППО;

K – кількість засобів ППО.

2) Ослаблення ППО противника за рахунок часткового знищення засобів враховуються. Тоді

$$W = P \cdot W_{1T} \cdot (1 - P_{осл}),$$

де P – ймовірність того, що атака відбудеться (формула приведена раніше);

Література

1. Кирилов В.И. Теория боевой эффективности и исследование операций. - М.:Монино, 1969. 2. Теория

W_{1T} – ймовірність ураження літака з однієї атаки з урахуванням технічних можливостей зенітних засобів ураження;

$P_{осл}$ – ймовірність ослаблення зенітного комплексу.

3) Час перебування бомбардувальника в зоні дії батареї ЗРК або ЗА визначається середніми значеннями.

Тоді при умові зазначених припущень загальний алгоритм обґрунтування ефективності подолання ППО противника може складатись з визначень:

середнього числа успішних атак винищувачів противника:

$$a_1 = n_1 \cdot W_1,$$

де n_1 – максимально можливе число атак винищувачів;

середнього числа успішних пострілів батареї ЗРК:

$$a_2 = n_2 \cdot W_1 \cdot (1 - P_{осл}),$$

де n_2 – число пусків батареї ЗРК за цикл

стрільби ($t_{ц2} = \frac{1}{\omega_2}$, ω_2 – швидкострільність ЗРК);

середнього числа успішних пострілів ЗА:

$$a_3 = n_3 \cdot W_1,$$

де n_3 – число пострілів ЗА за цикл стрільби

($t_{ц3} = \frac{1}{\omega_3}$, ω_3 – швидкострільність ЗА);

числа успішних атак (пострілів, пусків), які можуть застосувати всі засоби ППО противника:

$$a = \sum_{j=1}^S a_j, \quad S = 3;$$

ймовірності подолання ППО противника кожним бомбардувальником, тобто неуразнення кожного бомбардувальника:

$$Q = e^{-\frac{a}{N}}.$$

При застосуванні методики обґрунтування ефективності подолання ППО доцільно використовувати довідкові таблиці можливостей ППО противника (таблиці ймовірностей ураження різних типів літаків, циклів стрільби ЗРК або ЗА, часу перебування бомбардувальників в зоні ураження), а також таблиці функції $f(x) = e^{-x}$.

Отже, в статті розглянуті питання, які мають практичне значення: - меншому числу успішних атак на один бомбардувальник відповідає більша ймовірність подолання ППО. Тому збільшення числа літаків в групі, зменшення атак винищувачів (пусків ЗРК, пострілів ЗА), а також ймовірностей W_1 ураження одним пострілом приводить до збільшення ефективності подолання ППО.

вероятностей и боевой эффективности. Под ред. П.И. Андриенко.-М.: Воениздат, 1979.

In this article the methods of estimate of efficiency of an air defence system overcoming by one and a group of airplanes and also a general estimation efficiency overcoming of an air defence system are examined. It is assumed that an air defence system includes action of fighter aircraft, zenithal rocket complexes and anti-aircraft.

Key words: aircraft, efficiency, probability, overcoming, estimation.