

**ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ**

У статті розглянуті математичні методи оцінки ефективності застосування авіаційних засобів ураження. Розглянуті математичні методи дозволяють в першому наближенні з визначеним рівнем ефективності застосування авіаційних засобів ураження визначити вразливість цілі та необхідну кількість засобів ураження.

Ключові слова: авіаційні засоби ураження, ймовірність, рівень ефективності, математичні методи, вразливість.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В останні роки відбулися значні зміни в характері та способах ведення бойових дій. Це обумовлено оснащенням збройних сил найбільш розвинених країн світу новітніми системами високоточної зброї, створеної на основі «штучного інтелекту», роботизованими комплексами, зброєю на нових фізичних принципах, а також засобами оперативного забезпечення та управління з широким використанням інформаційних технологій.

Зазначені зміни, в свою чергу, викликають необхідність ще раз уточнити теоретичні аспекти застосування звичайних засобів ураження, які повністю підпорядковані ймовірнісним законам розподілу випадкових величин [1], [4].

Метою дослідження є розгляд математичних методів, які дозволяють визначити вразливість цілі і необхідну кількість засобів ураження для її знищення.

Виклад основного матеріалу. При веденні бойових дій необхідно оцінювати ефективність застосування авіаційних засобів ураження (АЗУ), яка визначається: ймовірністю ураження (враховуючи індивідуальні особливості льотчика), АЗУ, площу ураження [2]. В деяких випадках, коли по цілі одночасно застосовується велика кількість засобів ураження і площа розривів АЗУ, якимось чином, змикається один з одним, зручніше замінювати таку сумарну площу розривів площею прямокутника, на якому боеприпаси розподіляються рівномірно. Якщо позначити розміри такого прямокутника (Рис. 1) через L_y і L_x , а ймовірні відхилення прицільного розсіювання вважати рівними E_{yr} і E_{xr} , то ймовірність накриття прямокутником розривів визначається за формулою з теорії ймовірностей [1].

$$P = \Phi\left(\rho \frac{L_y}{2E_{yr}}\right) \Phi\left(\rho \frac{L_x}{2E_{xr}}\right), \quad (1)$$

де $\Phi(x)$ – відома функція Лапласа:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (2)$$

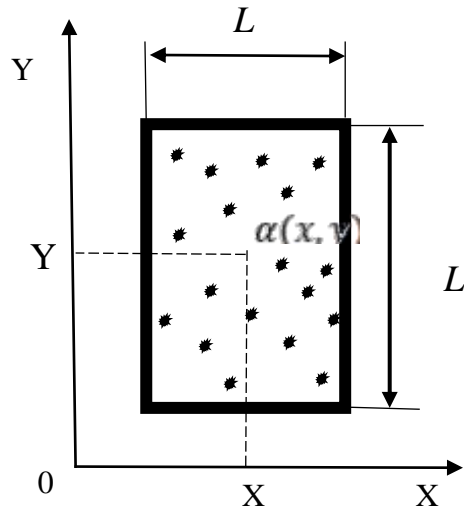


Рис. 1. – Рівномірний розподіл снарядів по площі прямокутника

Ймовірність враження цілі, накритою прямокутником розривів, визначається через математичне очікування числа АЗУ, що влучили в ціль [3]:

$$W = 1 - e^{-\frac{nS_{np}}{L_y L_x}} \quad (3)$$

Визначимо розміри прямокутника L_y і L_x через ймовірні відхилення прицільного розсіювання E_{yr} і E_{xr} за допомогою коефіцієнтів α_y і α_x :

$$L_y = \alpha_y E_{yr}, L_x = \alpha_x E_{xr} \quad (4)$$

Припустимо, що ймовірні відхилення індивідуального розсіювання можливо вважати пропорційним ймовірним відхиленням групового розсіювання:

$$\frac{E_{yn}}{E_{yr}} = \frac{E_{xn}}{E_{xr}} = k \quad (5)$$

Справді, при стрільбі з авіаційних гармат та пусках ракет, характеристики розсіювання вимірюються в мілілірадіанах, тобто в дальностях стрільби, і отже умови (5) виконуються автоматично. Введемо узагальнений параметр $A_1 = \frac{nS_{ц}}{\omega E_{yr} E_{xr}}$, де співвідношення $\frac{S_{ц}}{\omega}$, є не що інше, як площа ураження цілі S , тобто площа цілі, при влученні в яку, ймовірність її ураження дорівнює одиниці. Але якщо згадати визначення наведеної площі ураження S_{np} (умовна площа навколо цілі, при влученні в яку, вважається, що ціль вражається з ймовірністю, яка дорівнює одиниці) [3] то загальний вираз для узагальненого параметра матиме вигляд:

$$A_1 = \frac{nS_{np}}{E_y E_x} \quad (6)$$

Тоді формула для визначення ймовірності ураження W_n , може бути визначена, як добуток ймовірності накриття цілі еліпсом розсіювання P на ймовірність ураження цілі, накритою зоною розривів W :

$$W_n = P W \quad (7)$$

Залучивши узагальнений параметр в формулу (3) можливість ураження можна представити у вигляді:

$$W = 1 - e^{-\frac{A1}{\alpha y \alpha x}} \quad (8)$$

Для зручності розрахунків замість функції Лапласа можна ввести нову функцію:

$$\Phi I(x) = \Phi\left(\rho \frac{x}{2}\right)$$

Графік функції $\Phi I(x)$ зображено на рис. 2. У цьому випадку формула повної ймовірності накриття цілі P набуває такого вигляду:

$$P = \Phi I(\alpha y) \Phi I(\alpha x) \quad (9)$$

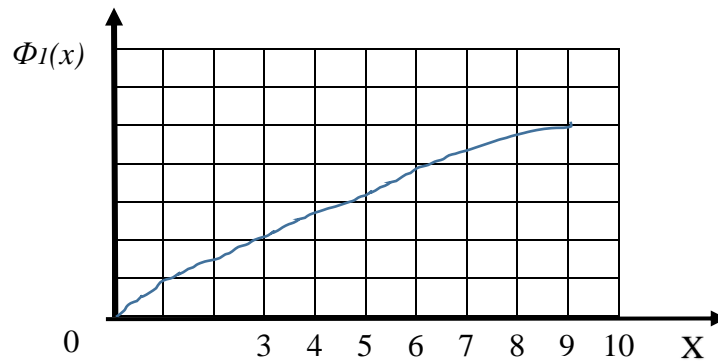


Рис. 2. – Графік функції $\Phi I(x)$

Отже, підставляючи (8) і (9) в (7), отримуємо вираз для розрахунку ймовірності ураження:

$$Wn = \Phi I(\alpha y) \Phi I(\alpha x) \left(1 - e^{-\frac{A1}{\alpha y \alpha x}}\right) \quad (10)$$

Виходячи з цієї формули, нам вдалося визначити ймовірність Wn через узагальнений параметр $A1$. Користуючись формулою (10) можливо знайти оптимальні розміри прямокутника L^*y і L^*x (тобто α^*y і α^*x), при яких ймовірність Wn досягає свого максимального значення W^*n не залучаючи громіздкі викладки, пов'язані з рішенням рівнянь, наведемо наближені формули для визначення оптимальних розмірів прямокутника:

$$L^*y \approx Eyr \sqrt[4]{\frac{3A1}{\rho^2}}, \quad L^*x \approx Exr \sqrt[4]{\frac{3A1}{\rho^2}} \quad (11)$$

Вирази (11) з високою точністю дозволяють обчислити оптимальні розміри для всіх реальних випадків розрахунку. Залучаючи ці значення L^*y і L^*x , у вираз (10), можливо визначити максимальне значення ймовірності ураження, яке буде залежати тільки від узагальненого параметра $A1$.

Висновок. Таким чином, як впливає з розгляду всіх випадків індивідуального розсіювання АЗУ (нормальний закон, рівномірний розподіл на площі еліпса і на площі прямокутника) [3], параметром, на основі якого можна удосконалити конструкцію АЗУ і визначити найбільш раціональні розміри зони їх розсіювання, є узагальнений параметр $A1$. Слід звернути увагу, що розглянуті методи оцінки ефективності [4], пристосовані для удосконалення конструктивних параметрів боеприпасів по параметру $A1$, дозволяють в першому наближенні по визначеному рівню ефективності W вирішувати зворотне

завдання, знайти необхідне значення $A1$ та за виразом (6) визначити необхідну для заданих характеристик уразливості цілі Sn_p і характеристик розсіювання E_{yr} і E_{xr} , значення n . Тобто, необхідне число засобів ураження. За параметром $A1$ можливо в першому наближенні порівнювати між собою різні варіанти озброєння літака боєприпасами, які відрізняються один від одного числом зразків, що підвищуються (n), узагальненими характеристиками вражаючої дії (Sn_p) і характеристиками точності бойового застосування (E_{yr} , E_{xr}). Відповідно таке порівняння має сенс, якщо для будь-якого варіанту вдається забезпечити створення найбільш раціональних зон розсіювання.

Аналогічні висновки можливо зробити й для дії АЗУ по груповим об'єктам. За лінійними та площинними об'єктами такий показник, як математичне очікування відносного числа уражених цілей, також залежить від узагальненого параметру $A1$ і співвідношення між розмірами групового об'єкта і розмірами зони розривів АЗУ. При цьому, так само як і для поодиноких цілей, існують розрахункові методи для визначення оптимальних розмірів площі розривів L^*y і L^*x .

Список використаних джерел

1. Вентцель Е.С. Теорія імовірності. - М .. 2003.
2. Дорофєєв А.Н., Морозов А.П. Авіаційні боєприпаси. - М.: Видання ВВИА ім. проф. Н.Є. Жуковського. 1978.
3. Миропольський Ф.П., і ін. Авіаційні боєприпаси та їх дослідження. - М.: Видання ВВИА ім. проф. Н.Є. Жуковського. 1996.
4. Черних Р. Терехов В., Вешкін В. Оцінка ефективності використання АЗУ імовірнісними методами, 2013.