

ДАНИЛОВ М.М., старший науковий співробітник

ТАРАНЕНКО В.В., провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук

ТИМОФТИКА Г.Ф., начальник науково-дослідного відділу

КОКОРЕВ О.С., провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук,
доцент

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ БОМБОМЕТАННЯ З БОЙОВИХ ВЕРТОЛЬОТІВ

В статті розглянуто методичний підхід до визначення безпечних умов бомбометання з горизонтального польоту з вертольоту, оснащеного високоточними датчиками інформації

На сьогоднішній день в провідних країнах світу удосконалення бойових вертольотів здійснюється в таких напрямках: підвищення радіусу дії, максимальної і крейсерської швидкості польоту, максимальної маси бойового навантаження; підвищення бойової живучості; забезпечення всепогодності і цілодобовості бойового застосування [1].

При цьому, на сучасних вертольотах встановлюються нові бортові радіоелектронні та прицільні комплекси, системи зв'язку і навігації та інші системи, що забезпечують можливість цілодобового застосування вертольоту і його комплексу озброєння для виконання поставлених завдань.

До номенклатури озброєння бойових вертольотів, як правило, входять артилерійське озброєння, кероване і некероване ракетне озброєння, бомбардувальне озброєння.

Однією з переваг вертольотів при веденні бойових дій є здатність виконання польотів на малих і гранично малих висотах. Але при застосуванні авіаційних засобів ураження (АЗУ) з цих висот вертольоти підпадають загрози ураження осколками власних АЗУ. Тому безпека при застосуванні АЗУ забезпечується обмеженням висот їх застосування. Особливо це актуально при бомбометанні. Однак ця вимога протирічить умові підвищення ефективності бомбометання, тому при виборі умов бомбометання повинно враховуватись не тільки безпека, а і його ефективність.

Проблема забезпечення безпеки бомбометання з вертольотів загострюється у зв'язку з тим, що існуючі приціли вертольоту типу АСП-17В не забезпечують точне обчислення і індикацію параметрів.

Тому, при встановленні на вертоліт більш точних датчиків інформації в порівнянні з існуючими (датчики висоти, курсу, крену, тангажу, вимірювання дальності до цілі та ін.), а також при застосуванні цифрових обчислювачів є можливість достатньо точно визначати умови безпечного бомбометання.

Основними параметрами, що визначають безпечні умови бомбометання, є швидкість, висота польоту вертольоту і дальність до цілі, параметри строю при груповому бомбометанні.

На сьогоднішній день безпека застосування засобів ураження визначається виключно розрахунковим шляхом з урахуванням динаміки польоту вертольоту, балістичних характеристик боєприпасів і експериментальних даних про характеристики їх осколочності [2, 3].

Основним змістом розрахунків по визначенню безпечних умов бомбометання є визначення мінімальної висоти скидання авіаційної бомби (АБ), при якому виключається можливість влучення в вертоліт осколків, що утворюються в результаті вибуху власних АБ. Для розрахунку цієї висоти необхідно знати:

швидкість вертольоту в момент бомбометання, а також траєкторію його польоту після скидання АБ;

висоту цілі над рівнем моря і температуру повітря в районі цілі, за якими можна розрахувати щільність повітря;

основні характеристики АБ: масу, площу Міделя, балістичні характеристики, дані гальмівного пристрою і ін.,

характеристики осколочності АБ: початкову швидкість осколків і її залежність від їх маси і напрямків розльоту, закони розподілу осколків, коефіцієнт сили лобового опору осколків і ін..

При розрахунках безпечних умов бомбометання характеристики осколочності АБ повинні бути відомі як для осколкових і осколково-фугасних АБ, так і для фугасних, протитанкових, бетонобійних і інших типів АБ, осколкова дія яких не є основною, але є визначальною при оцінці безпеки бомбометання.

Розрахунок мінімальної безпечної висоти можна розділити на дві частини:

1. Визначення взаємного положення вертольоту і АБ в момент її вибуху, кінцевої швидкості АБ і орієнтації її осі відносно площини горизонту.

2. Дослідження руху фронту осколків, що утворилися в результаті вибуху АБ, визначення їх можливості наздогнати вертоліт і оцінка ступеню реальної небезпеки, яку вони несуть при наближенні до вертольоту.

Обидві частини повинні виконуватися одночасно. При цьому оцінюється ступінь небезпеки осколків, тобто приймається умова, що визначає безпеку бомбометання або критерій безпеки.

В залежності від конкретного змісту завдання з визначення безпечних умов бомбометання критерій може мати різний фізичний зміст і різний математичний вираз.

Для мало швидкісних літальних апаратів (типу вертоліт) основою його критерію може бути одна із таких умов:

мінімальна відстань між вертольотом і фронтом осколків не може бути меншою за деяке задане значення (умова недогону);

фронт осколків доганяє вертоліт, але відносна швидкість в момент наближення осколків до вертольота повинна дорівнювати нулю (умова зіткнення).

Під час розрахунку за названими критеріями буде визначатися безпечна висота скидання АБ, коли повністю виключається можливість влучення осколків у власний вертоліт.

Вибір того чи іншого критерію безпеки може здійснюватися в залежності від мети вирішуваної задачі і з урахуванням достовірності вихідних даних.

У разі розрахунку мінімально безпечної висоти бомбометання одним вертольотом можна користуватися умовою зіткнення. При бомбометанні групою вертольотів ця задача вирішується за критерієм недогону, при цьому мінімальна допустима відстань повинна відповідати максимальній глибині бойового порядку вертольотів групи.

Перша задача вирішується за допомогою балістичних таблиць для заданих умов скидання АБ.

При вирішенні другої задачі враховують відсутність певних даних про характеристики осколючності окремих АБ. Відносно легко ці характеристики визначаються для АБ з організованим дробленням оболонки на осколки, в результаті вибуху яких утворюються осколки приблизно однакової маси і однотипні за формою. Вибух АБ з неорганізованим дробленням корпусів утворює осколки, що мають різну масу і форму. Тоді з метою спрощення розрахунків вводять поняття «найбільш небезпечних» чи «лідуючих осколків», які мають найменші значення відношення середньої площі \bar{S} до маси q і узагальненої балістичної характеристики C_H . Якщо також припустити, що всі осколки, в тому числі і лідуючі, мають однакоvu початкову швидкість V_0 , то їх фронт буде завжди найбільш віддалений від точки вибуху, а поверхня фронту буде охоплювати область розльоту всіх осколків.

Обидва припущення (відносно значень C_H і V_0) суттєво спрощують методикy розрахунку, хоча дещо сприяють завищенню значень параметрів, що визначають безпеку бомбометання.

Параметри траєкторії осколка визначаються при вирішенні рівняння [4]

$$q \frac{d\bar{V}}{dt} = -\frac{C_x \rho_H \bar{S} V^2}{2} \bar{V}^o - qg, \quad (1)$$

де q – маса осколка; \bar{V} , V , \bar{V}^o – відповідно вектор швидкості центру маси осколка, його модуль і орт; $C_x = C_x(V)$ – коефіцієнт сили лобового опору; $\rho_H = \rho(H)$ – щільність повітря на висоті польоту осколка H ; \bar{S} – середня площа осколка; g – прискорення вільного падіння.

З метою спрощення процесу інтегрування рівняння (1), враховуючи наближеність вихідних даних, що визначають кінцеві результати розрахунку, доцільно прийняти ще такі припущення:

1. Залежність коефіцієнта сили лобового опору осколка апроксимується ступінчатою функцією

$$C_x = \begin{cases} C_{x0} & \text{при } V > a; \\ \frac{1}{2} C_{x0} & \text{при } V \leq a, \end{cases}$$

де C_{x0} – постійний коефіцієнт; a – швидкість звуку в повітрі.

Це припущення підтверджується експериментальними даними [2], які показують, що коефіцієнт C_x погано обтічних тіл, в тому числі і осколків, при $V < a$ приблизно в 2 рази менше, ніж при $V > a$, і мало залежить від швидкості при числах M , що не дорівнюють 1.

2. Щільність повітря постійна в діапазоні мінімальних безпечних висот бомбометання. При цьому припущенні відносні похибки у визначенні висот розльоту осколків складають 1...2 % [4].

3. Сила тяжіння на траєкторії осколка відсутня. Це припущення можливо прийняти тому, що на ділянці догону швидкість осколків не менше швидкості вертольоту і тому, діюча на них сила опору повітря значно більша ніж сила тяжіння [2].

Прийнявши ці припущення із рівняння (1) отримаємо такі залежності

$$S(t) = \begin{cases} \frac{1}{C_H} \ln(1 + C_H V_0 t) & \text{при } t < t_a; \\ S_a + \frac{2}{C_H} \ln\left(1 + \frac{a C_H}{2} (t - t_a)\right), & \text{при } t \geq t_a, \end{cases} \quad (2)$$

$$S_a + \frac{2}{C_H} \ln\left(1 + \frac{a C_H}{2} (t - t_a)\right), \quad \text{при } t \geq t_a, \quad (3)$$

де $S(t)$ – шлях, що пролітає осколок за час t ;

$$S_a = \frac{1}{C_H} \ln \frac{V_0}{a}; \quad (4)$$

$$t_a = \frac{1}{C_H} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{V_0} \right), \quad (5)$$

де S_a, t_a – відповідно відстань і час польоту осколка з надзвуковою швидкістю.

Розрахункові формули (2...5) використовуються для визначення елементів траєкторії осколка.

Узагальнена балістична характеристика C_H може бути визначена за допомогою виразів [2]

$$C_H = \frac{K_H}{q^{1/3}}; \quad (6)$$

$$K_H = \frac{C_{x0} \rho_H \Phi^*}{2}, \quad (7)$$

де Φ^* – параметр форми осколка, який обчислюється за формулою

$$\Phi^* = 1,08 \frac{\alpha\beta + \alpha + \beta}{2(\alpha\beta\rho_m)^{2/3}}, \quad (8)$$

де ρ_m – щільність металу осколків; $\alpha = \frac{b}{d}$; $\beta = \frac{c}{d}$; b, c, d – довжина, ширина і товщина типового осколка, при цьому $b > c > d$.

Бомбометання з горизонтального польоту є основним способом застосування засобів ураження з малих і гранично малих висот. До того ж цей спосіб найбільш простий при розрахунку мінімально безпечної висоти бомбометання через суттєве спрощення всіх залежностей, що характеризують відносний рух вертольота і фронту осколків.

Вертоліт, що летить із швидкістю V_1 (рис. 1), після скидання бомби з висоти H , в момент падіння бомби буде в точці C_0 . Відрізок Δ – відставання бомби. Через час t вертоліт переміститься в точку C , а фронт лідируючих осколків пройде шлях $S(t)$. Відстань між ними буде дорівнювати

$$\delta(t) = \sqrt{H^2 + (\Delta + V_1 t)^2} - S(t). \quad (9)$$

Якщо мінімально безпечна висота бомбометання визначається за умовою зіткнення, то в момент часу t_0 , коли фронт осколків доганяє вертоліт (точка C_0), радіальна складова відносної швидкості дорівнюватиме нулю

$$\begin{cases} \delta = 0; \\ \dot{\delta} = \frac{d\delta}{dt} = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Диференціюючи (9), після відповідних перетворень отримаємо

$$\sqrt{H^2 + (\Delta + V_1 t)^2} - S(t) = 0; \quad (11)$$

$$V_1 \frac{\Delta + V_1 t}{\sqrt{H^2 + (\Delta + V_1 t)^2}} - V = 0, \quad (12)$$

$$\text{де } \frac{dS}{dt} = V = \frac{a}{1 + \frac{aC_H}{2}(t - t_a)}.$$

$$\text{Оскільки } \frac{\Delta + V_1 t}{\sqrt{H^2 + (\Delta + V_1 t)^2}} = \cos \varepsilon, \text{ то } V = V_1 \cos \varepsilon, \quad (13)$$

де ε – кут між вектором \vec{V} і віссю OX .

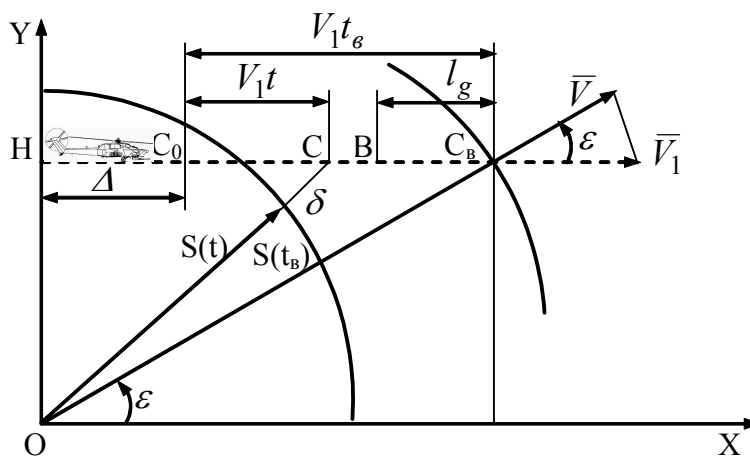


Рис.1. Розрахункова схема умов безпечного бомбометання вертольоту з горизонтального польоту

Фізичний зміст (13) полягає в тому, що фронт осколків не може обігнати вертоліт, якщо в момент їх зустрічі складова швидкості вертольоту на вектор швидкості осколка дорівнює модулю останнього.

Якщо безпечна висота бомбометання розраховується за умови недогону, то замість точки C_0 розглядається точка B, що знаходиться від точки C_0 на відстані l_g вздовж осі OX (рис. 1). Тоді система рівнянь (10) прийме вигляд

$$\sqrt{H^2 + (\Delta + V_1 t - l_g)^2} - S(t) = 0; \quad (14)$$

$$V_1 \frac{\Delta + V_1 t - l_g}{\sqrt{H^2 + (\Delta + V_1 t - l_g)^2}} - V = 0. \quad (15)$$

Таким чином, задача розрахунку безпечної висоти бомбометання зводиться до вирішення цієї системи двох рівнянь з двома невідомими – висотою H і часом t польоту осколків до моменту зустрічі з вертольотом чи до точки, що визначається допустимою відстанню l_g зближення з вертольотом. Інші величини, що входять в рівняння, або задані (V_1 , l_g), або визначаються по відомим залежностям (Δ – визначається по балістичним таблицям, $S(t)$ і $V = \frac{dS}{dt}$ – за формулами (2) і (3)).

За запропонованою методикою були проведені розрахунки безпечних умов застосування авіаційних засобів ураження з горизонтального польоту. При цьому, була підтверджена її працездатність. Розбіжність попередніх розрахунків за запропонованою методикою і відомими значеннями безпечних умов застосування авіаційних засобів ураження з горизонтального польоту складають 5...7%.

Розглянутий методичний підхід щодо визначення безпечних умов бомбометання з горизонтального польоту може бути запропонований для реалізації на модернізованих вертольотах у разі використання на них в порівнянні з існуючими більш точної виміральної системи (кутів курсу, крену і тангажу вертольота, його висоти і швидкості, дальності до цілі) і декількох обчислювальних

пристроїв. Це дасть можливість обчислити і здійснити індикацію екіпажу вертольоту інформації про дотримання безпечних умов бомбометання [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Ольшевский Д. Состояние и перспективы развития ударных вертолетов ведущих зарубежных стран// Зарубежное военное обозрение. – 2009. – №6. – С. 53-58.
2. А.Н. Дорофеев, А.П. Морозов, Р.С. Саркисян. Авиационные боеприпасы. – М.:ВВИА им. Н.Е.Жуковского. 1978. – 445 с.
3. И.С. Горелин, А.С. Кокорев, Г.И. Корягин. Боевое применение авиационных средств поражения – К.:КВВАИУ, 1986. – 292 с.
4. В.И.Пашков, А.Г. Постников. Внешняя баллистика авиационных ракет и снарядов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1989. – 232 с.
5. А.Л. Горелик, Г.И. Бутко, Ю.А. Белоусов. Бортовые цифровые вычислительные машины. – М.: Машиностроение, 1975. – 204 с.

Надійшла до редакції 29.10.2009.