

УДК 623.5

С.М. Піскунов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ВАРІАНТ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТНОГО І КРУГОВОГО ЗАКОНІВ УРАЖЕННЯ ПОВІТРЯНОЇ ЦІЛІ

Запропоновано методику визначення координатного закону ураження цілі за рахунок механічної та запальної дії осколка бойової частини ракети. Обчислюється лише дія осколків по вразливим агрегатам цілі. За характером цілі не мають накопичення втрат як у середині агрегатів, так і між ними. Це дозволяє визначити імовірність ураження повітряної цілі в залежності від вектора помилок стрільби ракетою. Представлені отримані аналітичні вирази для розрахунків.

**Ключові слова:** координатний закон ураження цілі, імовірність ураження вразливих агрегатів цілі одним осколком, математичне очікування кількості осколків, круговий закон ураження цілі.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Конструкції повітряних цілей достатньо різні та мають захист від осколків бойової частини (БЧ) ракети. Площина вразливих агрегатів цілі постійно зменшується [1,3], що приводить до необхідності визначення значень її координатного закону ураження (КЗУ). Дані значення КЗУ вказують на необхідність вимірювання комплексом параметрів вектора помилок стрільби ракетою заради ефективного застосування озброєння. Тому розробка часткової методики визначення КЗУ по конкретній повітряній цілі певною ракетою є важливою та актуальною.

**Аналіз публікацій** [1 – 4] не в повній мірі дозволяє визначення КЗУ при відомих характеристиках різноманітних цілей та параметрах ракети.

**Метою статті** є представлення результатів розробки часткової методики визначення КЗУ цілі в залежності від її характеристик та технічних параметрів ракети і точки зустрічі ракети з ціллю.

### Виклад основного матеріалу

У представленій методиці не розглядається фугасна дія БЧ ракети, т.я. КЗУ у даній області дорівнює одиниці [1,2]. Теж саме стосується і області руйнування конструкції планера цілі при щільній дії осколків.

Визначаємо значення КЗУ яке враховує осколочну дію БЧ ракети по вразливим агрегатам повітряної цілі. Площина проєкцій вразливих агрегатів різноманітних цілей знаходиться у межах від 4% до 30%.

Цілі складається з вразливих агрегатів таких як: фюзеляж, двигун, паливні баки та трубопроводи, система керування польотом. З врахуванням вразливості цілі, вона не має накопичення втрат, як у середині агрегатів так і між ними. Припускаємо що цілі виходить з строю при ураженні одного з її вразливих агрегатів одним вдало влученим осколком. Характе-

ристики розльоту осколків, які влучили у окремий агрегат цілі підпорядковані закону Пуассона. КЗУ цілі  $G(\bar{\ell})$  без накопичення втрат між агрегатами має вигляд [1]:

$$G(\bar{\ell}) = 1 - \exp \left[ - \sum_{i=1}^k p_{i1}(\bar{\ell}) \cdot \bar{m}_i(\bar{\ell}) \right], \quad (1)$$

де  $\bar{\ell}$  – вектор помилок стрільби ракетою;  $k$  – вразливий агрегат цілі;  $p_{i1}(\bar{\ell})$  – імовірність ураження агрегату цілі одним осколком при підриві БЧ ракети у точці  $\bar{\ell}$  відносно цілі;  $\bar{m}_i(\bar{\ell})$  – математичне очікування (МОС) кількості осколків, які влучили у  $i$  – й агрегат при підриві БЧ ракети у точці  $\bar{\ell}$  відносно цілі.

Пропонуємо методика враховує два основних виду вражаючої дії осколка, таких як механічна (пробивна)  $p_{i1M}(q, V)$  та запальна  $p_{i1Z}(q, V, H)$  дії. В наслідок вкрай малої поверхні вразливих агрегатів цілі, які ініціюють під впливом осколків не враховуємо.

Причому [1]:

$$p_{i1M}(q, V) = \Theta_{iM}(q, V) \cdot \Theta(y), \quad (2)$$

де  $p_{i1M}(q, V)$  – імовірність ураження  $i$  – го агрегату цілі за рахунок механічної дії осколка;  $q, V$  – відповідно вага осколка ( $g$ ) та швидкість зустрічі осколка з перешкодою ( $m/s$ );  $\Theta(y)$  – імовірність улучення одного осколка у вразливий елемент агрегату цілі;  $\Theta_{iM}(q, V)$  – імовірність пробиття екрану і виникнення вражаючого пошкодження хоча б у одному вразливому його елементі;  $H$  – висота точки зустрічі осколка з перешкодою.

$$У свою чергу: \quad \Theta(y) = S_y / S_a, \quad (3)$$

де  $S_y$  – площа проєкції вразливого елемента агрегату на потік осколків ( $m^2$ );  $S_a$  – площа проєкції агрегату ( $m^2$ ). За формулою Р.С. Саркісяна маємо вираз (4):

$$\Theta_{\text{ім}}(q, V) = \begin{cases} 0 & , E < 4.5 \\ 1 + 2.65 \cdot e^{-0.34E} - 2.96 \cdot e^{-0.14E} & , E \geq 4.5 \end{cases}$$

де  $E$  – параметр імовірності  $\Theta_{\text{ім}}(q, V)$  який дорівнює [1]:

$$E = 1.02 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{q} \cdot V^2 / h_{\text{д}}, \quad (5)$$

де  $h_{\text{д}}$  – товщина дюралевого еквіваленту (мм).

Заради визначення  $V$  потрібно врахувати кути розльоту осколків БЧ ракети, їх швидкість у статистиці  $V_{\text{с}}$  та динамічному русі  $V_{\text{д}}$  з обліком і швидкості цілі. Значення  $V_{\text{д}}$  відрізняється від  $V_{\text{с}}$  тим що у ній враховується швидкість польоту ракети  $V_{\text{р}}$ . Початкова швидкість польоту осколка у динамічному русі  $V_{\text{од}}$  дорівнює [1]:

$$V_{\text{од}} = \sqrt{V_{\text{ос}}^2 + V_{\text{р}}^2 + 2 \cdot V_{\text{ос}} \cdot V_{\text{р}} \cdot \cos \phi_{\text{с}}}, \quad (6)$$

де  $V_{\text{ос}}, \phi_{\text{с}}$  – початкова швидкість осколка у статистиці (м/с) та кут його руху відносно вектора  $\bar{V}_{\text{р}}$  (рад).

Швидкість польоту ракети на активній ділянці траєкторії, в залежності від часу її польоту дорівнює:

$$V_{\text{р}} \approx V_{\text{рб}} + (\tau_{\text{рi}} - 5) \cdot 10^2 \cdot \text{tg} \alpha, \quad (7)$$

де  $V_{\text{рб}}$  – осереднене значення  $V_{\text{р}}$  на ближній границі зони ураження комплексу (м/с);  $\tau_{\text{рi}}$  – час польоту ракети до  $i$ -ї точки зони ураження (с);  $\alpha$  – осереднений кут підвищення  $\bar{V}_{\text{р}}$  під час польоту ракети на активній ділянці її траєкторії (рад).

Середнє значення швидкості осколка у динамічному русі  $\bar{V}_{\text{д}}$  на відстані  $\bar{\ell}$ , з врахуванням квадратичного закону опору повітря має вигляд [1]:

$$\bar{V}_{\text{д}} = V_{\text{од}} / (1 + 0.5 \cdot k_1 \cdot \bar{\ell}), \quad (8)$$

$$\text{де } k_1 = 0.0374 \cdot (\sqrt[3]{q})^{-1} \cdot \Theta(H), \quad (9)$$

$\Theta(H)$  – відносна щільність повітря на висоті  $H$ , яка дорівнює [4]:

$$\Theta(H) \approx \exp \left[ -H \cdot T_0 / (8 \cdot 10^3 \cdot (T_0 + t^{\text{п}})) \right], \quad (10)$$

де  $T_0$  – стандартна температура ( $273^{\text{о}}$ К);  $t^{\text{п}}$  – температура повітря, яка розподілена за нормальним законом [5], у залежності від  $H$ :

$$t^{\text{п}} = 15.9 - 0.006328 \cdot H \text{ коли } H \leq 9300 \text{ м.} \quad (11)$$

Математичне сподівання (МОС) кута розльоту осколків у динамічному русі  $\bar{\phi}_{\text{д}}$  дорівнює:

$$\bar{\phi}_{\text{д}} = \arctg \left[ \frac{\bar{V}_{\text{ос}} \cdot \sin \bar{\phi}_{\text{с}}}{V_{\text{р}} + \bar{V}_{\text{ос}} \cdot \cos \bar{\phi}_{\text{с}}} \right], \quad (12)$$

де  $\bar{V}_{\text{ос}}, \bar{\phi}_{\text{с}}$  – відповідно МОС початкової швидкості осколка у статистиці та МОС кута їх руху відносно  $\bar{V}_{\text{р}}$ .

У свою чергу МОС швидкості осколка  $\bar{V}_{\text{с}}$  у статистиці з врахуванням сили опору повітря та висоти точки зустрічі з перешкодою дорівнює [1]:

$$\bar{V}_{\text{с}} = V_{\text{ос}} \cdot \exp(-k_{\text{н}} \cdot \bar{\ell}). \quad (13)$$

Тоді МОС швидкості зустрічі осколка з перешкодою  $\bar{V}$  знаходимо з наступного виразу, значення якого і використовуємо у виразі (5), так [1]:

$$\bar{V} = \sqrt{(\bar{V}_{\text{д,х}} - V_{\text{х}})^2 + (\bar{V}_{\text{д,у}} - V_{\text{у}})^2 + (\bar{V}_{\text{д,з}} - V_{\text{з}})^2}, \quad (14)$$

де  $\bar{V}_{\text{д,х}}$  – безумовне значення МОС проєкцій випадкової величини  $V_{\text{д}}$  розподіленої за нормальним законом по вісі  $x$ ;  $V_{\text{х}}, V_{\text{у}}, V_{\text{з}}$  – проєкції вектора швидкості цілі на відповідні вісі  $x, y, z$ ;  $\bar{V}_{\text{д,у}}, \bar{V}_{\text{д,з}}$  – умовні МОС проєкцій випадкових величин  $V_{\text{д}}$ , розподілених за нормальним законом, на вісі  $y, z$ . Причому:

$$\begin{aligned} \bar{V}_{\text{д,х}} &= \bar{V}_{\text{с}} \cdot \cos \bar{\phi}_{\text{с}} + V_{\text{р}}; \\ \bar{V}_{\text{д,у}} &= \bar{V}_{\text{д}} \cdot \sin \bar{\phi}_{\text{д}} \cdot \sin \beta_{\text{д}}; \\ \bar{V}_{\text{д,з}} &= \bar{V}_{\text{д}} \cdot \sin \bar{\phi}_{\text{д}} \cdot \cos \beta_{\text{д}}. \end{aligned} \quad (15)$$

Знаходимо значення  $\bar{V}$  за формулою (14) на основі виразів (6–13), яке входить у (5).

Результати розрахунків (5) представлені на рис. 1 при типових значеннях параметрів БЧ ракети і цілі, так:

$$T_0 = 237^{\text{о}}$$
К;  $V_{\text{ос}} \approx \bar{V}_{\text{ос}} \approx 1500$ м/с;  $V_{\text{рб}} \approx 600$ м/с;

$$\tau_{\text{рi}} = 16$$
с;  $\alpha = 0.124$ ;  $\phi_{\text{с}} \approx \bar{\phi}_{\text{с}} \approx 1.61$ ;  $q = 5$ г;

$$H = 1000$$
 м.

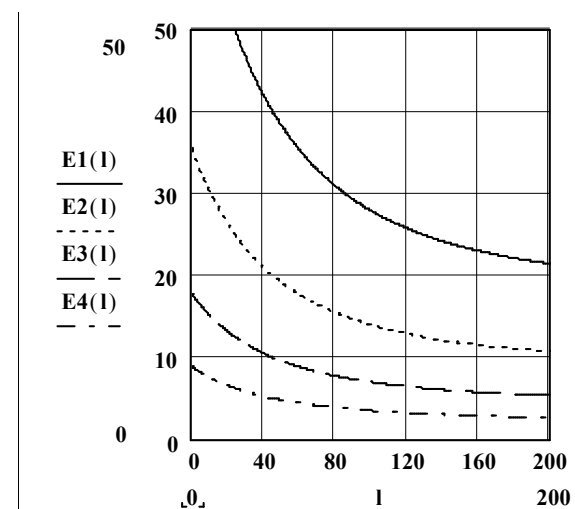


Рис. 1. Значення  $E$  в залежності від величин вектора помилок стрільби ракетою  $\bar{\ell}$  та товщини дюралевого еквіваленту  $h$

Перша крива на рис. 1 безперервна,  $E1(\bar{\ell})$  здо­бута якщо  $h$  дорівнює 5мм. Друга  $E2(\bar{\ell})$ , відміче­на крапками – 10мм, а третя  $E3(\bar{\ell})$  (тире) та четве­рта  $E4(\bar{\ell})$  (тире з крапками) відповідно 20мм і 40мм. Сучасна повітряна ціль має приблизно 5% поверхні агрегатів, що вразливі, тобто (3)  $\Theta_y \approx 0.05$ . На основі формул (4) і (2) розраховуємо значення  $p_{i1M}(q, V)$ . При цьому треба врахувати для магістралей живлення паливом, джгутів і тросів управління тощо, мається можливість пошкодження їх краями осколків. Тоді площа проекції цих вразливих елементів агрегатів збільшується та дорівнює:

$$S_y = S_{y0} \cdot (1 + 0.4 \cdot \sqrt[3]{q}), \quad (16)$$

де  $S_{y0}$  – площа проекції вразливих елементів агрегату без врахування розмірів осколка.

Результати розрахунку за формулами(2) – (4), (16) і вище приведених типових параметрів БЧ раке­ти та цілі представлені на рис. 2.

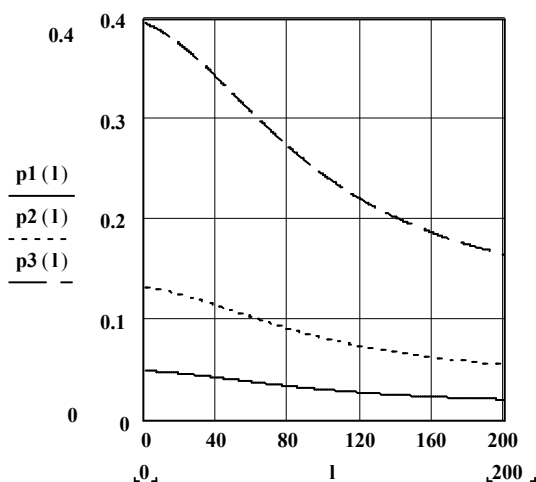


Рис. 2 Значення  $p_{i1M}(q, V)$  в залежності від величин вектора помилок стрільби ракетою  $\bar{\ell}$  та імовірності улучення осколка в вразливий елемент агрегату  $\Theta(y)$

Перша крива на рис. 2  $p1(\bar{\ell})$  безперервна, здо­бута коли  $\Theta(y) = 0.05$ . Друга крива  $p2(\bar{\ell})$  відміче­на крапками відображає дію по магістралям жив­лення паливом коли  $S_M = 1.6m^2$ ,  $S_{y0M} = 0.08m^2 - 5\%$ ,  $\Theta(y) \approx 0.135$ . Третя крива  $p3(\bar{\ell})$  на рис. 2 (тире) – джгути, троси –  $S_D = 4.8m^2$ ,  $S_{y0D} = 0.24m^2$  теж 5%,  $\Theta(y) \approx 0.4$ . Усі криві на рис. 2 побудовані при  $h = 10mm$ .

Наступний вид вражаючої дії осколка це запа­льна його дія. Імовірність ураження  $i$ -го агрегату цілі запальною дією осколка  $p_{i13}(q, V, H)$  розрахо­вується за формулою [1]:

$$p_{i13}(q, V, H) = p_{i13}^{(0)}(q, V) \cdot K(H), \quad (17)$$

де  $p_{i13}^{(0)}(q, V)$  – імовірність займання палива при улу­ченні у нього одного осколка, коли паливні баки зна­ходяться на поверхні землі;  $K(H)$  – параметр запаль­ної дії осколка. У свою чергу маємо вираз (18) [1]:

$$p_{i13}^{(0)}(q, V) = \begin{cases} 0 & , V < V_1 \\ 0.0022131 \cdot \sqrt[3]{q} \cdot V - 0.69795 & , V_1 \leq V \leq V_2 \\ 1 & , V > V_2 \end{cases}$$

де  $q$  – вага осколка (кг);  $V_1 = 315.4 \cdot (\sqrt[3]{q})^{-1}$  та

$V_2 = 767.2 \cdot (\sqrt[3]{q})^{-1}$ . Параметр запальної дії осколка

$K(H)$  визначається з виразу:

$$K(H) = \begin{cases} 1 & , H \leq H_1 \\ (H_2 - H)/(H_2 - H_1) & , H_1 < H < H_2 \\ 0 & , H \geq H_2 \end{cases}, \quad (19)$$

де  $H_1 = 4.4 \cdot p_{i13}^{(0)}(q, V) + 11.6$  та  $H_2 = 12.9 \cdot$

$p_{i13}^{(0)}(q, V) + 11.6$ ;  $H_1, H_2$  – критичні значення висот у км;  $H$  – висота польоту цілі (точка зустрічі) у км.

Вразливість паливних баків залежить від їх кон­струкції. Технічно реалізується, що при улученні одно­го або декілька осколків у відсіки паливних баків імо­вірність займання прямує до нуля. На рис. 3 приведені значення  $p_{i13}(q, V, H)$  при вище прийнятих парамет­рах ракети і цілі. Крива перша на рис. 3  $p4(\bar{\ell})$ , безпе­рервна, здобута по паливним бакам, а друга –  $p5(\bar{\ell})$  (крапки) – магістралям живлення паливом.

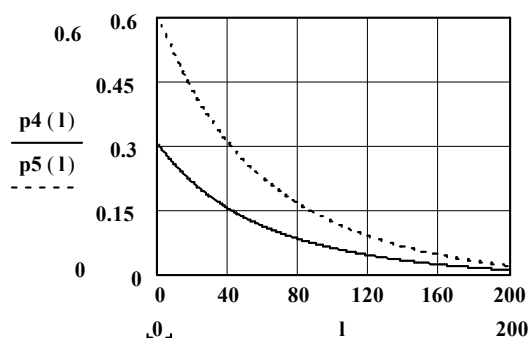


Рис. 3. Значення  $p_{i13}(q, V, H)$  в залежності від величин вектора помилок стрільби ракетою  $\bar{\ell}$  і вразливості агрегату до запальної дії осколка

При визначенні  $p4(\bar{\ell})$  прийняли, що повітряна ціль має конструкцію, яка знижує запальну дію на 0.5.

МОС кількості осколків, які вдало влучили в агрегат цілі  $\bar{m}_i(\bar{\ell})$  дорівнює [1]:

$$\bar{m}_i(\bar{\ell}) = \frac{N \cdot S_{ai} \cdot (\sin \phi_p)^{-1}}{(2\pi)^{1.5} \cdot \sigma_\phi \cdot \ell^2} \cdot \exp\left[-\frac{(\phi_p - \bar{\phi})^2}{2 \cdot \sigma_\phi^2}\right], \quad (20)$$

де  $N, S_{ai}$  – кількість осколків БЧ ракети та площа проекції  $i$ -го агрегату на площину, яка перпендикулярна  $\bar{V}$  у напрямку на розглядає мий агрегат;  $\phi_p$  – кут підриву БЧ (спрацювання радіовибухача) ракети;  $\bar{\phi}$  – МОС напрямку розльоту осколків при зустрічі з перешкодою, яке дорівнює:

$$\bar{\phi} = \arccos\left[\frac{(\bar{V}_{д,x} - V_x)}{\bar{V}}\right]; \quad (21)$$

$\sigma_\phi$  – середнє квадратичне відхилення (СКВ) помилки напрямку розльоту осколків БЧ ракети, має вид:

$$\sigma_\phi = (\sigma_{\phi_d} \cdot V_d \cdot \sin \phi_d) / (\bar{V} \cdot \sin \bar{\phi}), \quad (22)$$

де  $\sigma_{\phi_d}$  – СКВ помилки кута польоту осколка у динамічному русі, причому:

$$\sigma_{\phi_d} \approx \frac{\bar{V}_{oc}^2}{\bar{V}_{од}^2} \cdot \sqrt{\sigma_{\phi_c}^2 + \frac{\sigma_{V_{oc}}^2 \cdot V_p \cdot \sin^2 \bar{\phi}_c}{\bar{V}_{oc}^4}}, \quad (23)$$

де  $\bar{V}_{oc}, \bar{V}_{од}$  – відповідно МОС швидкостей польоту осколків у статиці та динамічному русі;  $\sigma_{\phi_c}$  – СКВ помилок кута розльоту осколків між  $\bar{V}_p$  і напрямком їх руху;  $\sigma_{V_{oc}}$  – СКВ помилки  $V_{oc}$ , яке дорівнює [1]:  $\sigma_{V_{oc}} \approx 0.05 \cdot \bar{V}_{oc}$ ;

Часткове значення промаху ракети  $\rho$ , яке розподілене за законом Райса, знаходимо з виразу:

$$\rho = \ell \cdot \sin(\phi_p - \gamma \cdot \cos \beta_p), \quad (24)$$

де  $\beta_p$  – кут підриву БЧ ракети;  $\gamma$  – кут між віссю  $z$  картинної площини стрільби та віссю  $z'$  системи координат ракети. Розрахунки за формулами надали такі результати: за виразом (7) –  $V_p \approx 737.5 \text{ м/с}$ ; (6) –  $V_{од} \approx 1645.2 \text{ м/с}$ ; (9 – 11) –  $k \approx 0.019$ ; (12) –  $\phi_d \approx 1.146$ ; (8) та (13 – 15) коли ціль не маневрує, тобто  $V_x = V_y = 0$  і  $V_z = 250 \text{ м/с}$  та  $\bar{\ell}$  дорівнює  $10 \text{ м}$  –  $V_{од} \approx 1645.2 \text{ м/с}$ ,  $V_c \approx 1236 \text{ м/с}$ ,  $\bar{V}_{дх} \approx 680.1 \text{ м/с}$ ,  $\bar{V}_{ду} \approx 237.9 \text{ м/с}$ ,  $\bar{V}_{дз} \approx 1345 \text{ м/с}$ ,  $\bar{V} \approx 1316.4 \text{ м/с}$ . При моделюванні площа проекцій усіх вразливих агрегатів цілі узята 5% від загальної площини агрегатів з врахуванням формули (16). По фюзеляжу  $S_{ai}$  прийняли рівним  $2 \text{ м}^2$ , для двигуна  $S_{ai} = 3.5 \text{ м}^2$ , паливні баки –  $16.5 \text{ м}^2$ , магістралі живлення паливом –  $1.2 \text{ м}^2$  та системи управління польотом –  $4.8 \text{ м}^2$ . За виразами (21–23) здобули  $\sigma_{\phi_d} \approx 0.036$ ,  $\bar{\phi} \approx 1.02$ ,  $\sigma_\phi \approx 0.043$ , причому  $\bar{\phi}$  та

$\sigma_\phi$  осереднені на інтервалі  $\bar{\ell}$  від 1 м до 100 м. Також прийняли що  $N = 3000$ ,  $\sigma_{\phi_c} = 0.035$ . Результати розрахунку  $\bar{m}_i(\bar{\ell})$  за формулою (20) представлені на рис 4.

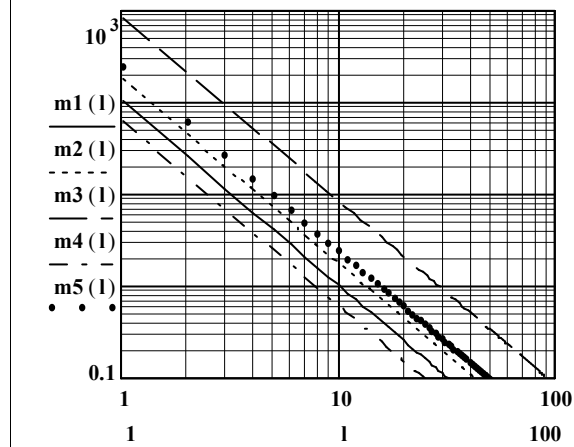


Рис. 4 Значення  $\bar{m}_i(\bar{\ell})$  в залежності від величин вектора помилок стрільби ракетою  $\bar{\ell}$

Перша пряма  $m1(\bar{\ell})$  на рис. 4 безперервна, відображає значення МОС кількості осколків які влучили у фюзеляж цілі. Друга пряма  $m2(\bar{\ell})$  відмічена точками та третя  $m3(\bar{\ell})$  (тире) – у двигун та паливні баки відповідно. Четверта пряма на рис. 5  $m4(\bar{\ell})$  (точки–тире) та п'ята  $m5(\bar{\ell})$  (точки подвоюваної жирності) – у магістралі живлення паливом та системі управління польотом відповідно.

Визначення КЗУ  $G(\bar{\ell})$  за формулою (1) можливо, якщо врахувати значення  $h_d$  по агрегатам цілі та їх вразливість  $S_{yi}$ . Для усіх агрегатів прийняли їх найменшу вразливість у  $5 \cdot 10^{-2}$ . При моделюванні використовували наступні товщини дюралевих еквівалентів агрегатів цілі: фюзеляж  $h_{дф} \approx 7.2 \text{ мм}$ ; двигун  $h_{дд} \approx 8.7 \text{ мм}$ ; паливні баки  $h_{дп} \approx 5.7 \text{ мм}$ ; магістралі живлення паливом  $h_{дм} \approx 5.5 \text{ мм}$  та системи керування польотом  $h_{дс} \approx 6.9 \text{ мм}$ . Значення  $\bar{m}_i(\bar{\ell})$  визначили за формулою (20), з умовами розрахунку представлених на рис. 4. На основі виразу (1) та вище вказаним умовам отримали КЗУ (рис. 5).

Перша крива  $G(\bar{\ell})$  на рис. 5 безперервна, відображає значення КЗУ лише за рахунок механічної (пробивної) дії осколка. Друга крива  $G1(\bar{\ell})$ , відмічена точками, надає величину КЗУ з обліком механічної і запальної дії осколка. Причому у  $G1(\bar{\ell})$  врахована проекція вразливих елементів агрегату за виразом (16).

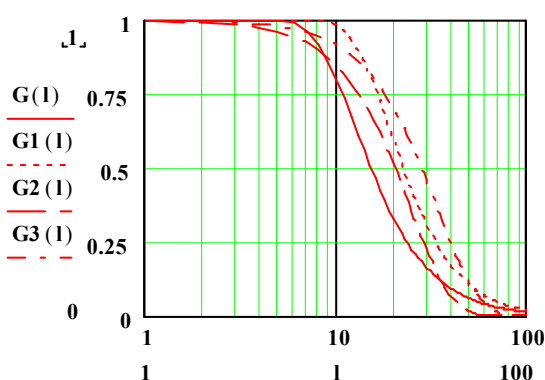


Рис. 5. Значення координатного закону ураження повітряної цілі  $G(\bar{l})$  в залежності від величин вектора помилок стрільби ракетою  $\bar{l}$

Заради проведення спрощених розрахунків потрібно визначити круговий закон ураження повітряної цілі (КрЗУ). КрЗУ  $G[\rho(\bar{l})]$  повністю залежить від параметра  $\beta_0$ :

$$G[\rho(\bar{l})] = \exp\left[-\rho(\bar{l})^2 / \beta_0^2\right], \quad (25)$$

де  $\beta_0$  – параметр кругового закону ураження обумовленої повітряної цілі та ракети;  $\rho(\bar{l})$  – визначається за формулою (24).

Крива три  $G3(\bar{l})$  на рис. 5 відмічена тире, відображає значення КрЗУ лише при механічній дії осколка коли  $\beta_0$  дорівнює 21 м. Четверта крива  $G4(\bar{l})$  (точки–тире) – КрЗУ при механічній і запальної дії осколка та  $\beta_0$  дорівнює 29 м.

Розраховуємо істинну відносну похибку апроксимації КрЗУ цілі  $\Delta$  [5] за виразом:

$$\Delta = (\xi - \vartheta) / \vartheta, \quad (26)$$

де  $\xi = \int_0^{\bar{l}_{\max}} G(\bar{l}) d\bar{l}$  та  $\vartheta = \int_0^{\bar{l}_{\max}} G[\rho(\bar{l})] d\bar{l}$ ;  $\bar{l}_{\max}$

приймемо найбільше значення  $\bar{l}$ , при якому можливе ураження цілі у 100 м.

Вирішування виразу (26) для КЗУ  $G(\bar{l})$  та КрЗУ  $G3(\bar{l})$ , представлені на рис. 5, надало значення  $\Delta$ , яке дорівнює  $-1.54 \cdot 10^{-3}$ . З врахуванням і запальної дії осколка [КЗУ  $G1(\bar{l})$  та КрЗУ  $G4(\bar{l})$ , рис. 5] здобули величину  $\Delta$  у  $9.69 \cdot 10^{-3}$ . На основі приближень, за допомогою яких отримали значення КЗУ і КрЗУ цілі значення  $\Delta$  менше 1% повністю достатні.

## Висновки

Таким чином, запропоновано варіант визначення координатного і кругового законів ураження обумовленої повітряної цілі даною ракетою. З врахуванням характеристик і параметрів цілі та ракети можливо визначити імовірність ураження цілей з різноманітною її вразливістю. Вимірювання вектора помилок стрільби ракетами комплексом (ракетою) та управління БЧ забезпечить дію осколків по цілі де координатний закон її ураження прямує до одиниці.

## Список літератури

1. Основы стрельбы и управления огнем войсковых зенитных ракетных комплексов. Часть 1 / В.З. Казачинский, А.А. Каптецкий и др. – К.: КВАИУ, 1971. – 468 с.
2. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами / Ф.К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1980. – 294 с.
3. Ковтуненко А.П. Основы теории построения и моделирования функционирования сложных систем вооружения / А.П. Ковтуненко, Н.А. Шершнев. – Х.: ВИРТА, 1992. – 233 с.
4. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торпчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: 2003. – 368 с.
5. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Наука – 721 с.

Надійшла до редколегії 29.03.2013

Рецензент: к-т техн. наук проф. В.М. Загорюкін, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТНОГО И КРУГОВОГО ЗАКОНОВ ПОРАЖЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ

С.Н. Пискунов

Предложена методика определения координатного закона поражения цели за счет механической и зажигательной действия осколка боевой части ракеты. Учитывается лишь действие осколка по уязвимым агрегатам цели. По характеру уязвимости цели не имеют накопление ущерба как внутри агрегатов, так и между ними. Это позволяет определить вероятность поражения воздушной цели в зависимости от вектора ошибок стрельбы ракетой. Приводятся полученные выражения и расчеты.

**Ключевые слова:** координатный закон поражения цели, вероятность поражения уязвимых агрегатов цели одним осколком, математическое ожидание количества осколков, круговой закон поражения цели.

## A VARIANT OF THE DEFINITION OF AIR TARGET DESTRUCTION COORDINATE AND CIRCULAR LAW

S.N. Piskunov

The method of definition of air target destruction coordinate and circular law is given taking into account mechanical and inflammatory actions of the fragment of a missile warhead. Only actions of the fragment units for vulnerable units of air target are considered. By the nature of the vulnerability the targets do not accumulate damage within units, and between them. This allows determining the probability of destroying an air target, depending on the firing error indicator by a missile. The obtain expressions and calculations are given.

**Keywords:** target destruction coordinate law, kill probability of a target vulnerable units by a fragment, expectation of the number of fragments, the target destruction circular law.