

УДК 629.072.19 (075.8)

Б.О. Попков

Командування Сухопутних військ Збройних Сил України, м. Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УРАЖЕННЯ ЦІЛЕЙ ЗА ДАНИМИ ПРИСТРІЛЮВАЛЬНОЇ ГАРМАТИ ДЛЯ РЕАКТИВНИХ СНАРЯДІВ ТА СНАРЯДІВ З “ВІДПОВІДАЧЕМ” У СИСТЕМІ GPS-ТРЕКЕР

У статті на основі аналізу системи похибок за дальністю і напрямком стрільби артилерійських систем для снарядів, які обертаються запропонована система похибок, яка супроводжує стрільбу артилерійських систем для реактивних (оперених) снарядів, визначенні серединні похибки підготовки установок за даними пристрілювальних гармат для реактивних (оперених) снарядів, а також снарядів оснащених “відповідачем” у системі GPS-трекер, розрахована ймовірність ураження та відносне збільшення ймовірності ураження цілі.

Ключові слова: *серединні похибки, пристрілювальна гармата, реактивні (оперені) снаряди, ймовірність ураження цілі, GPS-трекер.*

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді та аналіз літератури. Точність визначення установок для стрільби на ураження є одним з основних чинників, які визначають ефективність стрільби: чим менше похибок під час визначення установок для стрільби, тим ефективнішою є стрільба. Основним способом визначення установок для стрільби на ураження цілі є повна підготовка. Необхідна умова повної підготовки – надійне метеорологічне забезпечення [1, 2, 3]. В умовах, коли отримання свіжих метеорологічних бюлетенів неможливо, то одним із способів визначення установок для стрільби на ураження є застосування пристрілювальних гармат, сутність якого полягає в тому, що стрільбою за репером, призначеним спеціально для цієї цілі гарматою, визначають сумарні поправки на відхилення метеорологічних умов стрільби від табличних [3, 4].

Вихідними даними, які необхідні для розрахунку показників ефективності стрільби, є характеристики системи похибок, які супроводжують стрільбу на ураження.

В літературі по теорії стрільби [1, 3, 4] широко розглянуті системи похибок при визначенні установок за даним пристрілювальних гармат для снарядів, які обертаються. Для оперених снарядів відповідна система похибок не розглядалася, що є основою для розгляду єдиної математичної моделі розрахунку їх серединних похибок і показників ефективності. Крім того, на сьогоднішній день для підвищення точності визначення установок розглядається можливість використання боеприпасів з “відповідачем” у системі GPS-трекер [5].

В цьому випадку, пристрілку цілі здійснюють снарядом, в якому замість вибухової речовини встановлюють GPS-трекер. Балістичні характеристики такого снаряда підтримують на рівні бойового снаряда. Для визначення точки розриву снаряда відносно цілі на вогневій позиції встановлюють базову станцію GPS і здійснюють підготовку снаряда з GPS-трекером, для чого включають GPS-трекер та отримують відмітку про місце снаряда на екрані базової станції GPS. Далі здійснюють постріл снарядом з GPS-трекером і відслідковують на екрані базової станції GPS положення снаряда на траєкторії до його зникнення. Останні координати, що передані снарядом з GPS-трекером на базову станцію GPS, вважають за місце падіння снаряда, і по різниці між топографічними даними цілі та реальним місцем падіння снаряда обчислюють поправки за дальністю і напрямком, які в подальшому використовують для стрільби на ураження.

Метою статті є розробка системи похибок за дальністю і напрямком стрільби артилерійських систем для реактивних (оперених) снарядів, визначення серединних похибок підготовки їх установок за даними пристрілювальних гармат, а також снарядів оснащених “відповідачем” у системі GPS-трекер, розрахунок ймовірності ураження та відносного збільшення ймовірності ураження цілі.

Основна частина

I. Система похибок при стрільбі дивізіоном, оснащеним боеприпасами з гіроскопічною стабілізацією. За основу візьмемо систему похибок, яка викладена у [1, 3]:

а) дивізійні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$\begin{aligned}
 E_{X_{\delta}}^2 &= E_{X_n}^2 + E_{X_3}^2 + E_{X_{nn}}^2 + E_{X_{op}^{np}}^2 + E_{X_{\Pi}}^2 + E_{X_{MB}}^2 + \\
 &+ E_{X_{op}^R}^2 + E_{X_{\epsilon R}^{nop}}^2 + E_{X_{BII}^{nop}}^2 + E_{X_{mex}^{nop}}^2 + E_{X_B^{nop}}^2; \\
 E_{Z_{\delta}}^2 &= E_{Z_n}^2 + E_{Z_3}^2 + E_{Z_{nn}}^2 + E_{Z_{op}^{np}}^2 + E_{Z_{\Pi}}^2 + \\
 &+ E_{Z_{MB}}^2 + E_{Z_{op}^R}^2 + E_{Z_{op}^{nop}}^2 + E_{Z_{BII}^{nop}}^2 + E_{Z_{mex}^{nop}}^2;
 \end{aligned} \quad (1)$$

б) батареїні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$\begin{aligned}
 E_{X_{\delta,\delta}}^2 &= E_{X_{mc}}^2 + E_{X_B^{ocn}}^2 + E_{X_{\epsilon I}^{ocn}}^2 + E_{X_{BII}^{ocn}}^2 + E_{X_{cp}}^2; \\
 E_{Z_{\delta,\delta}}^2 &= E_{Z_{mc}}^2 + E_{Z_{op}^{ocn}}^2 + E_{Z_{BII}^{ocn}}^2 + E_{Z_{cp}}^2;
 \end{aligned} \quad (2)$$

в) гарматні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_{cp}}^2 = E_{X_B^{cp}}^2 + E_{X_{mex}^{cp}}^2; \quad E_{Z_{op}}^2 = E_{Z_{mex}^{cp}}^2, \quad (3)$$

де $E_{X_n} = K_1 \frac{B_{\delta}}{\sqrt{n_p}}$, $E_{Z_n} = K_1 \frac{B_{\delta}}{\sqrt{n_p}}$ – серединні похибки створення фіктивного репера (ΦR) в дальності і напрямку; B_{δ} – середнє відхилення, що характеризує розсіювання снарядів за дальністю; B_{δ} – середнє відхилення, що характеризує бокове розсіювання снарядів; n_p – кількість розривів у групі; $K_1 = \frac{D_T^H}{D_T^R}$ – коефіцієнт трансформації поправки за дальністю; D_T^H – топографічна дальність до цілі; D_T^R – топографічна дальність до репера;

$$E_{X_3} = K_1 \sqrt{E_{\delta D_p}^2 \cdot \cos^2 PC + D_p^2 \frac{E_{\delta \alpha}^2}{n_p} \cdot \sin^2 PC},$$

$$E_{Z_3} = K_1 \sqrt{E_{\delta D_p}^2 \cdot \sin^2 PC + D_p^2 \frac{E_{\delta \alpha}^2}{n_p} \cdot \cos^2 PC} -$$

серединні похибки засічки за дальністю і напрямком; $E_{\delta D_p}$ – систематична похибка, що повторюється при всіх n_p замірах за дальністю до розриву; D_p – дальність до розриву; $E_{\delta \alpha}$ – серединна кутова похибка виміру кутів поміж основним напрямком та напрямком розриву; PC – поправка на зміщення, кут між лінією спостереження і лінією цілі; $E_{X_{nn}} = K_1 \cdot E_H$, $E_{Z_{nn}} = K_1 \cdot E_H$ – серединні похибки визначення координат спостережних пунктів за дальністю і

напрямком; E_H – серединна кругова похибка визначення координат спостережного пункту; $E_{X_{op}^{np}} = K_1 \cdot E_{\delta op} \cdot D_p \cdot \sin PC$, $E_{Z_{op}^{np}} = K_1 \cdot E_{\delta op} \cdot D_p \cdot \cos PC$ – серединні похибки в орієнтуванні приладів за дальністю і напрямком; $E_{\delta op}$ – серединна похибка орієнтування приладів на спостережному пункті; $E_{X_{\Pi}} = E_{Z_{\Pi}} = E_{\Pi}$ – серединні похибки у визначенні координат цілі за дальністю і напрямком;

$$E_{X_{MB}} = \sqrt{E_{X_W}^2 + E_{X_{T,T_3}}^2 + E_{X_{V_0}}^2 + E_{X_{M,t}}^2},$$

$E_{Z_{MB}} = \sqrt{(0,001 D_T^H \cdot E_{\delta MB})^2 + E_{Z_{M,t}}^2}$ – серединні похибки обліку метеорологічних і балістичних умов польоту снаряда за дальністю і напрямком;

$$\begin{aligned}
 E_{X_W}^2 &= 0,01 \left\{ (K_1 \cdot \Delta X_{W_{\Pi X}}^R \cdot E_{W_X^R})^2 + [\Delta X_{W_X}^H \cdot E_{W_X^H} \times \right. \\
 &\times (\cos \beta - \sin \beta)]^2 - 2 \chi_{W_X^R, W_X^H} (K_1 \cdot \Delta X_W^R \cdot E_{W_X^R}) \times \\
 &\times [\Delta X_W^H \cdot E_{W_X^H} (\cos \beta - \sin \beta)] \left. \right\} - \text{серединна кругова}
 \end{aligned}$$

похибка визначення координат цілі; $\Delta X_{W_{\Pi X}}^R$ – табличні поправки дальності за репером на повздожній балістичний вітер пасивної ділянки траєкторії; $\Delta X_{W_X}^H$ – табличні поправки дальності за ціллю на повздожній балістичний вітер пасивної ділянки траєкторії; $E_{W_X^R}$ – серединні відхилення повздожніх складових балістичного вітру за репером; $E_{W_X^H}$ – серединні відхилення повздожніх складових балістичного вітру за ціллю; ΔX_W^R – таблична поправка дальності по реперу на повздожній балістичний вітер; β – кут перенесення вогню по цілі;

$$\begin{aligned}
 E_{\delta \omega W}^2 &= 0,01 \{ (\Delta Z_W^R \cdot E_{W_Z^R})^2 + [\Delta Z_W^H \times \\
 &\times E_{W_Z^H} (\cos \beta + \sin \beta)]^2 - 2 \chi_{W_Z^R, W_Z^H} (\Delta Z_W^R \cdot E_{W_Z^R}) \times \\
 &\times [\Delta Z_W^H \cdot E_{W_Z^H} (\cos \beta + \sin \beta)] \} - \text{серединна похибка}
 \end{aligned}$$

напрямку на боковий балістичний вітер при перенесенні вогню з реперу на ціль;

ΔZ_W^R – табличні поправки в напрямку за репером на боковий балістичний вітер пасивної ділянки

траєкторії; ΔZ_{WZ}^H – табличні поправки в напрямку за ціллю на боковий балістичний вітер пасивної ділянки; траєкторії; E_{WZ}^R – серединні відхилення

бокових складових балістичного вітру за репером; E_{WZ}^H – серединні відхилення бокових складових балістичного вітру за ціллю;

$$E_{X_{T,T_3}}^2 = 0,01 \left\{ (K_1 \cdot \Delta X_T^R \cdot E_{\Delta T^R})^2 + (\Delta X_T^H \cdot E_{\Delta T^H})^2 + \left[(K_1 \cdot \Delta X_{T_3}^R - \Delta X_{T_3}^H) \cdot E_{\Delta T_3} \right]^2 - 2 \cdot \chi_{\Delta T^R, \Delta T^H} \times \right. \\ \left. \times (K_1 \cdot \Delta X_T^R \cdot E_{\Delta T^R}) \cdot (\Delta X_T^H \cdot E_{\Delta T^H}) + 2 \cdot \chi_{\Delta T^R, \Delta T_3} \times \right. \\ \left. + (K_1 \cdot \Delta X_T^R \cdot E_{\Delta T^R}) \times \left[(K_1 \cdot \Delta X_{T_3}^R - \Delta X_{T_3}^H) \cdot E_{\Delta T_3} \right] - \right. \\ \left. - 2 \cdot \chi_{\Delta T^H, \Delta T_3} (\Delta X_T^H \cdot E_{\Delta T^H}) \cdot \left[(K_1 \cdot \Delta X_{T_3}^R - \Delta X_{T_3}^H) \cdot E_{\Delta T_3} \right] \right\} -$$

серединна похибка дальності на сумісне впливання температури повітря і заряду;

ΔX_T^R – табличні поправки в дальності за репером на відхилення балістичної температури повітря;

ΔX_T^H – табличні поправки в дальності за ціллю на відхилення балістичної температури повітря;

$\Delta X_{T_3}^R$ – табличні поправки в дальності за репером на відхилення температури реактивного заряду;

$\Delta X_{T_3}^H$ – табличні поправки в дальності за ціллю на відхилення температури реактивного заряду;

$E_{\Delta T^R}$ – серединні відхилення температури повітря за репером; $E_{\Delta T^H}$ – серединні відхилення

температури повітря за ціллю; $E_{\Delta T_3}$ – серединні відхилення температури заряду реактивного

двигуна; $\chi_{W_X^R, W_X^H}$, $\chi_{W_Z^R, W_Z^H}$, $\chi_{\Delta T^R, \Delta T_3}$, $\chi_{\Delta T^R, \Delta T^H}$, $\chi_{\Delta T^H, \Delta T_3}$ – коефіцієнти кореляції між складовими

балістичного вітру W_X^R , W_X^H , W_Z^R , W_Z^H , температури повітря ΔT^R , ΔT^H і температури

метального заряду ΔT_3 ; $E_{\Delta T}$ – серединні похибки визначення температури повітря і E_{W_X} , E_{W_Z} –

складових балістичного вітру визначаються з [1, 2];

$$E_{X_{M,t}}^2 = 0,01 \left\{ [(0,8 \cdot \Delta X_W^H)^2 + (0,9 \cdot \Delta X_T^H)^2] \cdot t_y \right\},$$

$$E_{Z_{M,t}}^2 = (0,001 \cdot D_T^H)^2 \cdot E_{Z_{M,t}^{del}}^2 - \text{серединні похибки}$$

за дальністю і напрямком старіння бюлетеня “метеосередній” в залежності від умовного часу зондування атмосфери, $E_{Z_{M,t}^{del}}^2 = 0,01 \cdot [(0,8 \cdot \Delta Z_{W_{Tz}}^H)^2] \cdot t_y$;

$\Delta Z_{W_{Tz}}^H$ – табличні похибки в напрямку по цілі на боковий балістичний вітер пасивної ділянки траєкторії;

$\Delta t_y = \Delta t + \frac{d}{25}$ – умовний час зондування атмосфери;

$$E_{X_{zp}}^R = \sqrt{K_1 \cdot E_{zp}^2}, \quad E_{Z_{zp}}^R = \sqrt{K_1 \cdot E_{zp}^2}, \quad E_{X_{zp}}^H = E_{zp},$$

$E_{Z_{zp}}^H = E_{zp}$ – серединні похибки графічних робіт за дальністю $E_{X_{zp}}^R$ і напрямком $E_{Z_{zp}}^R$ в точці падіння снаряда за репером R і ціллю Ц;

$$E_{X_{\epsilon c}}^{2\text{осн}} = (E_{\delta_{hR}}^2 + E_{\delta_{h\text{осн}}}^2) \cdot \text{ctg}^2 \Theta_c^H,$$

$$E_{X_{\epsilon R}}^{2\text{нор}} = (E_{\delta_{hR}}^2 + E_{\delta_{h\text{нор}}}^2) \cdot K_1^2 \cdot \text{ctg}^2 \Theta_c^R - \text{серединні}$$

похибки у визначенні кутів місця цілі і місця репера;

$E_{\delta_{hR}}$ – серединна похибка визначення висоти

репера; $E_{\delta_{h\text{осн}}}$ – серединні похибки визначення

координат основної гармати; Θ_c^H – кут падіння снаряда за ціллю; Θ_c^R – кут падіння снаряда за

репером; $E_{X_{BII}}^{\text{нор}} = \sqrt{K_1^2 \cdot E_{\delta_{\text{нор}}}^2}$, $E_{Z_{BII}}^{\text{нор}} = \sqrt{K_1^2 \cdot E_{\delta_{\text{нор}}}^2}$,

$E_{X_{BII}}^{\text{осн}} = E_{\delta}$, $E_{Z_{BII}}^{\text{осн}} = E_{\delta}$ – серединні похибки

визначення координат вогневої позиції пристрілювальних і основних гармат батареї;

$E_{\delta_{\text{нор}}}$, E_{δ} – серединні похибки топогеодезичної прив'язки пристрілювальних гармат і інших батареї

дивізіону [1, 2]; $E_{X_{\text{mex}}^{\text{нор}}} = \sqrt{(K_1 \cdot E_{\delta \Delta \phi} \cdot \Delta X_{\text{muc}}^R)^2}$,

$$E_{Z_{\text{mex}}^{\text{нор}}} = 0,001 \cdot D_T^R \cdot E_{\beta}, \quad E_{X_{\text{mex}}^{\text{zp}}} = E_{\delta \Delta \phi} \cdot \Delta X_{\text{muc}}^H,$$

$$E_{Z_{\text{mex}}^{\text{zp}}} = 0,001 \cdot D_T^H \cdot E_{\beta} - \text{серединні похибки}$$

технічної підготовки пристрілювальних гармат і основних гармат батареї за дальністю і напрямком; $E_{\delta \Delta \phi}$ – серединна кутова похибка технічної

підготовки; ΔX_{muc}^R – зміна дальності при зміні прицілу гармати на 1 тисячну; E_{β} – серединне

відхилення похибки орієнтування гармати;

$$E_{Z_{\text{оп}}^{\text{нор}}} = 0,001 \cdot D_T^R \cdot E_{\delta_{\text{оп}}}, \quad E_{Z_{\text{оп}}^{\text{осн}}} = 0,001 \cdot D_T^H \cdot E_{\delta_{\text{оп}}} -$$

серединні похибки напрямку, які викликані орієнтуванням пристрілювальної гармати і основної

гармати батареї; $E_{\delta_{\text{оп}}}$ – серединні похибки орієнтування гармат;

$$E_{X_B}^{2\text{нор}} = (K_I \cdot \Delta X_{V_0}^R \cdot E_{\Delta V_{\Sigma}^{\text{нор}}})^2 + (K_I \cdot 0,1 \Delta X_{T_3}^R \cdot E_{\Delta T_3})^2,$$

$$E_{X_B}^{2\text{осн}} = (\Delta X_{V_0}^I \cdot E_{\Delta V_{\Sigma}^{\text{осн}}})^2 + (0,1 \Delta X_{T_3}^I \cdot E_{\Delta T_3})^2,$$

$$E_{X_B}^{2\text{сп}} = (\Delta X_{V_0}^I \cdot E_{\Delta V_{\Sigma}^{\text{сп}}})^2 - \text{серединні похибки}$$

балістичної підготовки пристрілювальних гармат і батареї, яка використовує її дані за дальністю; $E_{\Delta V_{\Sigma}^{\text{сп}}}$ – сумарна серединна похибка визначення початкової швидкості снаряда; $E_{\Delta V_{\Sigma}^{\text{нор}}}$, $E_{\Delta V_{\Sigma}^{\text{осн}}}$,

$E_{\Delta T_3}$ – серединні похибки визначення сумарного відхилення початкової швидкості і температури заряду для пристрілювальних гармат і основних гармат; $\Delta X_{V_0}^I$, $\Delta X_{V_0}^R$ – табличні поправочні коефіцієнти.

II. Розрахунок серединних похибок за дальністю і напрямком та показників ефективності при визначенні установок для стрільби за даними пристрілювальних гармат. Використовуючи систему похибок при стрільбі дивізіоном, оснащеним боеприпасами з гіроскопічною стабілізацією, розрахуємо серединні похибки і показники ефективності при визначенні установок для стрільби.

1. Серединні похибки, які характеризують розподіл похибок підготовки за дальністю і напрямком [3, 4]

$$E_{X_Y}^2 = E_{X_\delta}^2 + E_{X_{\delta_0}}^2 + E_{X_{GP}}^2; E_{Z_Y}^2 = E_{Z_\delta}^2 + E_{Z_{\delta_0}}^2 + E_{Z_{GP}}^2, \quad (4)$$

де E_{X_δ} , E_{Z_δ} – дивізіонні серединні похибки відповідно дальності і напрямку; $E_{X_{\delta_0}}$, $E_{Z_{\delta_0}}$ – батарейні серединні похибки відповідно дальності і напрямку; $E_{X_{GP}}$, $E_{Z_{GP}}$ – гарматні серединні похибки відповідно дальності і напрямку.

2. Якщо стрільба складається з одного пострілу, то в цьому випадку система похибок, яка супроводжує таку стрільбу, складається з двох випадкових величин відхилень точок падіння снарядів, за дальністю і напрямком [6]

$$X_{II} = X_Y + X_P; Z_{II} = Z_Y + Z_P, \quad (5)$$

де X_Y , Z_Y – випадкові похибки підготовки установок, які визначають відхилення центра розсіювання снарядів відповідно за дальністю і напрямком; X_P , Z_P – випадкове відхилення снаряда від центра розсіювання внаслідок розсіювання відповідно за дальністю і напрямком.

Характеристиками цих випадкових величин є сумарні серединні похибки пострілу за дальністю і напрямком

$$B_{\delta n} = \sqrt{E_{X_Y}^2 + B_{\delta}^2}; B_{\delta n} = \sqrt{E_{Z_Y}^2 + B_{\delta}^2}, \quad (6)$$

де E_{X_Y} , E_{Z_Y} – серединні похибки визначення установок для стрільби відповідно за дальністю і напрямком; B_{δ} , B_{δ} – серединні відхилення, які характеризують розсіювання снарядів за дальністю і напрямком.

3. Коефіцієнти кореляції за дальністю і напрямком, які характеризують залежність між похибками i -го і j -го пострілів, що належать одній гарматі, визначаються за залежністю [3, 6]:

– гарматні коефіцієнти кореляції за дальністю і напрямком:

$$\chi_{X_{GP}} = \frac{E_{X_{GP}}^2 + E_{X_{\delta_0}}^2 + E_{X_{\delta}}^2}{B_{\delta n}^2} = \frac{E_{X_Y}^2}{B_{\delta n}^2}; \quad (7)$$

$$\chi_{Z_{GP}} = \frac{E_{Z_{GP}}^2 + E_{Z_{\delta_0}}^2 + E_{Z_{\delta}}^2}{B_{\delta n}^2} = \frac{E_{Z_Y}^2}{B_{\delta n}^2};$$

– батарейні коефіцієнти кореляції за дальністю і напрямком:

$$\chi_{X_{\delta}} = \frac{E_{X_{\delta}}^2 + E_{X_{\delta_0}}^2}{B_{\delta n}^2} = \frac{E_{X_{\delta}}^2}{B_{\delta n}^2}; \quad (8)$$

$$\chi_{Z_{\delta}} = \frac{E_{Z_{\delta}}^2 + E_{Z_{\delta_0}}^2}{B_{\delta n}^2} = \frac{E_{Z_{\delta}}^2}{B_{\delta n}^2};$$

– дивізіонні коефіцієнти кореляції за дальністю і напрямком:

$$\chi_{X_{\delta}} = \frac{E_{X_{\delta}}^2}{B_{\delta n}^2}; \chi_{Z_{\delta}} = \frac{E_{Z_{\delta}}^2}{B_{\delta n}^2}. \quad (9)$$

4. Вага різних джерел похибок:

$$g_{X_i} = \frac{E_{X_i}^2}{E_{X_Y}^2}; g_{Z_i} = \frac{E_{Z_i}^2}{E_{Z_Y}^2}. \quad (10)$$

5. Зведені коефіцієнти кореляції за дальністю і напрямком мають значення:

$$\chi_{X_0} = \sqrt{\frac{q_{X_{GP}}^2 + (K-1) \cdot q_{X_{\delta}}^2 + K \cdot (m-1) \cdot q_{X_{\delta}}^2}{\kappa \cdot m}}; \quad (11)$$

$$\chi_{Z_0} = \sqrt{\frac{q_{Z_{GP}}^2 + (K-1) \cdot q_{Z_{\delta}}^2 + K \cdot (m-1) \cdot q_{Z_{\delta}}^2}{\kappa \cdot m}},$$

де κ – кількість гармат у батареї; m – кількість батарей у дивізіоні.

6. Серединні похибки, які повторюються за дальністю і напрямком, визначаються за залежністю, відповідно:

$$E_{\delta_0} = B_{\delta_n} \cdot \sqrt{u_{X_0}}; E_{n_0} = B_{\delta_n} \cdot \sqrt{u_{Z_0}}. \quad (12)$$

Зведені серединні похибки, які не повторюються, за дальністю і напрямком дорівнюють відповідно:

$$B_{\delta_0} = \sqrt{B_{\delta_n}^2 - E_{\delta_0}^2}; B_{n_0} = \sqrt{B_{\delta_n}^2 - E_{n_0}^2}. \quad (13)$$

Зведені серединні похибки підготовки установок з урахуванням розмірів групової цілі дорівнюватимуть відповідно:

$$E'_{\delta_0} = \sqrt{E_{\delta_0}^2 + 0,038 \cdot \Gamma_{\psi}^2}; E'_{n_0} = \sqrt{E_{n_0}^2 + 0,038 \cdot \Phi_{\psi}^2}, \quad (14)$$

де $\Gamma_{\psi}, \Phi_{\psi}$ – умовні розміри цілі за глибиною та фронтом.

7. Теоретичним шляхом розв'язку варіаційної задачі встановлена ідеальна щільність обстрілу й ідеальне розсіювання, яке забезпечує максимальне значення ураження цілі. При цьому ймовірність ураження цілі за ідеальною щільністю обстрілу залежить лише від одного параметра [1]

$$K_2 = N \cdot \frac{S_n \tau(l, m)}{E'_{\delta_0} E'_{n_0}}, \quad (15)$$

де $N = N_{\psi, \text{за}} S_{\psi}$ – витрата боєприпасів на 1 Га; $S_n = 2l \times 2m$ – приведена площа цілі; l, m – табличні розміри цілі; $\tau(l, m)$ – поправочна функція, (входом у табл. є параметри $l = \frac{l_n}{B_{\delta_0}}$ і $m = \frac{m_n}{B_{n_0}}$).

8. За значенням K_2 з таблиць [1] визначаємо ймовірність ураження цілі за ідеальною щільністю обстрілу P .

Відносно збільшення ймовірності ураження цілі за ідеальною щільністю обстрілу існуючих способів у порівнянні з новими способами визначення установок визначимо як [1, 6, 8]

$$\Delta P = \frac{P_H - P_{CT}}{P_{CT}} \cdot 100\%, \quad (16)$$

де P_H, P_{CT} – значення ймовірності ураження цілі за ідеальною щільністю її обстрілу, відповідно використовуючи новий спосіб у системі GPS-трекер снарядом з “відповідачем” і ймовірність ураження цілі використовуючи старий спосіб повної підготовки чи пристрілюванням гармат.

II. Особливості групування похибок при стрільбі реактивними (опереними) снарядами.

а) дивізійні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_0}^2 = E_{X_n}^2 + E_{X_3}^2 + E_{X_{\text{ин}}}^2 + E_{X_{\text{оп}}}^2 + E_{X_{\text{Ц}}}^2 + E_{X_{\text{МБ}}}^2 + E_{X_{\text{TC}}}^2 + E_{X_{\text{Зр}}}^2 + E_{X_{\text{ЭР}}}^2 + E_{X_{\text{ОП}}}^2 + E_{X_{\text{мех}}}^2 + E_{X_{\text{Б}}}^2 + E_{X_{\text{Мнор}}}^2 + E_{X_{\text{АУТ}}}^2; \quad (17)$$

$$E_{Z_0}^2 = E_{Z_n}^2 + E_{Z_3}^2 + E_{Z_{\text{ПП}}}^2 + E_{Z_{\text{Зр}}}^2 + E_{Z_{\text{Ц}}}^2 + E_{Z_{\text{TC}}}^2 + E_{Z_{\text{МБ}}}^2 + E_{Z_{\text{Зр}}}^2 + E_{Z_{\text{Зр}}}^2 + E_{Z_{\text{ОП}}}^2 + E_{Z_{\text{мех}}}^2 + E_{Z_{\text{Мнор}}}^2 + E_{Z_{\text{АУТ}}}^2;$$

б) батарейні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_{\delta, \delta}}^2 = E_{X_{\text{Б}}^{\text{очн}}}^2 + E_{X_{\text{ЭЦ}}^{\text{очн}}}^2 + E_{X_{\text{ОП}}^{\text{очн}}}^2 + E_{X_{\text{оп}}}^2 + E_{X_{\text{Мосн}}}^2 + E_{X_{\text{АУТ}}}^2; \quad (18)$$

$$E_{Z_{\delta, \delta}}^2 = E_{Z_{\text{оп}}}^2 + E_{Z_{\text{ВП}}^{\text{очн}}}^2 + E_{Z_{\text{Зр}}}^2 + E_{Z_{\text{АУТ}}}^2;$$

в) гарматні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_{\text{оп}}}^2 = E_{X_{\text{мех}}^{\text{оп}}}^2; E_{Z_{\text{оп}}}^2 = E_{Z_{\text{мех}}^{\text{оп}}}^2, \quad (19)$$

$$\text{де } E_{X_{\text{МБ}}} = \sqrt{E_{X_{\text{W}}}^2 + E_{X_{\text{T, T}_3}}^2 + E_{X_{\text{M, t}}}^2};$$

$$E_{Z_{\text{МБ}}} = \sqrt{(0,001 D_T^{\text{II}} \cdot E_{\delta_{\text{МБ}}})^2 + E_{Z_{\text{M, t}}}^2};$$

$$E_{X_{\text{W}}}^2 = 0,01 \left\{ (K_1 \cdot \Delta X_{\text{ВПлх}}^R \cdot E_{W_X^R})^2 + [\Delta X_{\text{ВПлх}}^{\text{II}} \times E_{W_X^{\text{II}}} (\cos \beta - \sin \beta)]^2 - 2 \psi_{W_X^R, W_X^{\text{II}}} (K_1 \cdot \Delta X_{\text{ВПлх}}^R \cdot E_{W_X^R}) \times [\Delta X_{\text{ВПлх}}^{\text{II}} \cdot E_{W_X^{\text{II}}} (\cos \beta - \sin \beta)] \right\};$$

$$E_{\delta_{\text{W}}}^2 = 0,01 \left\{ (\Delta Z_{\text{ВПлх}}^R \cdot E_{W_Z^R})^2 + [\Delta Z_{\text{ВПлх}}^{\text{II}} \times E_{W_Z^{\text{II}}} (\cos \beta + \sin \beta)]^2 - 2 \psi_{W_Z^R, W_Z^{\text{II}}} (\Delta Z_{\text{ВПлх}}^R \cdot E_{W_Z^R}) \times [\Delta Z_{\text{ВПлх}}^{\text{II}} \cdot E_{W_Z^{\text{II}}} (\cos \beta + \sin \beta)] \right\};$$

$$E_{X_{\text{T, T}_3}}^2 = 0,01 \left\{ (K_1 \cdot \Delta X_{\text{T}}^R \cdot E_{\Delta T^R})^2 + (\Delta X_{\text{T}}^{\text{II}} \cdot E_{\Delta T^{\text{II}}})^2 + [(K_1 \cdot \Delta X_{\text{T}_3}^R - \Delta X_{\text{T}_3}^{\text{II}}) \cdot E_{\Delta T_3}]^2 - 2 \psi_{\Delta T^R, \Delta T^{\text{II}}} \times (K_1 \cdot \Delta X_{\text{T}}^R \cdot E_{\Delta T^R}) \cdot (\Delta X_{\text{T}}^{\text{II}} \cdot E_{\Delta T^{\text{II}}}) + 2 \psi_{\Delta T^R, \Delta T_3} \times (K_1 \cdot \Delta X_{\text{T}}^R \cdot E_{\Delta T^R}) \times [(K_1 \cdot \Delta X_{\text{T}_3}^R - \Delta X_{\text{T}_3}^{\text{II}}) \cdot E_{\Delta T_3}] - 2 \psi_{\Delta T^{\text{II}}, \Delta T_3} (\Delta X_{\text{T}}^{\text{II}} \cdot E_{\Delta T^{\text{II}}}) \cdot [(K_1 \cdot \Delta X_{\text{T}_3}^R - \Delta X_{\text{T}_3}^{\text{II}}) \cdot E_{\Delta T_3}] \right\};$$

$$E_{X_{M,t}}^2 = 0,01 \left\{ (0,8 \cdot \Delta X_{W_{Плx}}^U)^2 + (0,9 \cdot \Delta X_{T_B}^U)^2 \right\} \cdot t_y ;$$

$$E_{Z_{M,t}^{дег}}^2 = 0,01 \cdot [(0,8 \cdot \Delta Z_{W_{Плz}}^U)^2] \cdot t_y ;$$

$$E_{Z_{M,t}}^2 = (0,001 \cdot D_T^U)^2 \cdot E_{Z_{M,t}^{дег}}^2 ;$$

$$E_{X_{M_{пор}}^{АУТ}} = \sqrt{(K_I \cdot 0,1 \cdot \Delta \Pi_{W_{ax}}^R \cdot E_{W_{ax}})^2 +$$

$$+ (K_I \cdot 0,1 \cdot \Delta \Pi_{W_{az}}^R \cdot E_{W_{az}})^2 \cdot 0,001 \cdot D_T^R} \quad \text{— серединна}$$

похибка в дальності метеорологічної підготовки на активній ділянці траєкторії пристрілювальної гармати;

$$E_{X_{M_{осн}}^{АУТ}} = \sqrt{(0,1 \cdot \Delta \Pi_{W_{ax}}^U \cdot E_{W_{ax}})^2 +$$

$$+ (0,1 \cdot \Delta \Pi_{W_{az}}^U \cdot E_{W_{az}})^2 \cdot 0,001 \cdot D_T^U} \quad \text{— серединна}$$

похибка в дальності метеорологічної підготовки на активній ділянці траєкторії основної гармати;

$$E_{Z_{M_{пор}}^{АУТ}} = \sqrt{(K_I \cdot 0,1 \cdot \Delta Z_{W_{az}}^R \cdot E_{W_{az}})^2 +$$

$$+ (K_I \cdot 0,1 \cdot \Delta Z_{W_{ax}}^R \cdot E_{W_{ax}})^2 \cdot 0,001 \cdot D_T^R} \quad \text{— серединна}$$

похибка в напрямку метеорологічної підготовки на активній ділянці траєкторії пристрілювальної гармати;

$$E_{Z_{M_{осн}}^{АУТ}} = \sqrt{(0,1 \cdot \Delta Z_{W_{az}}^U \cdot E_{W_{az}})^2 +$$

$$+ (0,1 \cdot \Delta Z_{W_{ax}}^U \cdot E_{W_{ax}})^2 \cdot 0,001 \cdot D_T^U} \quad \text{— серединна похибка}$$

в напрямку метеорологічної підготовки на активній ділянці траєкторії основної гармати;

$$\Delta \Pi_{W_{ax}}^R, \Delta \Pi_{W_{az}}^R, \Delta Z_{W_{ax}}^R, \Delta Z_{W_{az}}^R, \Delta \Pi_{W_{ax}}^U, \Delta \Pi_{W_{az}}^U,$$

$$\Delta Z_{W_{ax}}^U, \Delta Z_{W_{az}}^U \quad \text{— поправки, беруться з Таблиць стрільби.}$$

III. Розрахунок показників ефективності ураження неспостережених цілей, при визначенні установок снарядом з “відповідачем” у системі GPS-трекер. Групування похибок у системі GPS - трекер снарядом з “відповідачем”. Для оцінки ефективності ураження цілей при визначенні установок снарядом з “відповідачем” в системі GPS-трекер визначимо групи похибок, які супроводжують стрільбу даним способом:

а) дивізійні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_{\delta}}^2 = E_{X_n}^2 + E_{X_{Ц}}^2 + E_{X_{\epsilon_R}^{КГР}}^2 + E_{X_{ВП}^{КГР}}^2 + E_{X_R}^2 +$$

$$+ E_{X_{mex}^{КГР}}^2 + E_{X_{zp}^R}^2 + E_{X_B^{КГР}}^2 ; \quad (20)$$

$$E_{Z_{\delta}}^2 = E_{Z_n}^2 + E_{Z_{Ц}}^2 + E_{Z_{ВП}^{КГР}}^2 + E_{Z_{op}^{КГР}}^2 + E_{X_{mex}^{КГР}}^2 +$$

$$+ E_{Z_{zp}^R}^2 + E_{Z_R}^2 ;$$

б) батареїні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_{\delta,\delta}}^2 = E_{X_{TC}}^2 + E_{X_{zp}^y}^2 + E_{X_{ВП}^{осн}}^2 + E_{X_{\epsilon_{ц}}^{осн}}^2 + E_{X_B^{осн}}^2 ; \quad (21)$$

$$E_{Z_{\delta,\delta}}^2 = E_{Z_{TC}}^2 + E_{Z_{zp}^y}^2 + E_{Z_{op}^{осн}}^2 + E_{Z_{ВП}^{осн}}^2 ;$$

в) гарматні серединні похибки за дальністю і напрямком:

$$E_{X_{zp}}^2 = E_{X_B^{zp}}^2 + E_{X_{mex}^{zp}}^2 ; \quad E_{Z_{zp}} = E_{Z_{mex}^{zp}} \quad (22)$$

Характеристики точності різних похибок в системі GPS – трекер приймемо відповідно до[6]:

$$E_{X_R} = E_{Z_R} = 15 \text{ м}; \quad E_{X_{zp}}^U = E_{Z_{zp}}^U = 2 \text{ м}; \quad E_{\delta} = E_{Z_{\delta}} = 2 \text{ м};$$

$$E_{\delta h_{\delta}} = E_{\delta h_R} = 5 \text{ м}; \quad E_{X_{ГР}}^R = E_{Z_{ГР}}^R = 2 \text{ м}.$$

За умови отримання інформації від снаряда “відповідача” у системі GPS-трекер, серединні похибки, а саме: засічки за дальністю і напрямком, визначення координат спостережених пунктів за дальністю і напрямком, обліку метеорологічних і балістичних умов польоту снаряда за дальністю і напрямком будуть дорівнювати нулю, тобто:

$$E_{X_3} = E_{Z_3} = 0; \quad E_{X_{nn}} = E_{Z_{nn}} = 0; \quad E_{X_{мб}} = E_{Z_{мб}} = 0.$$

Розрахунки “ваги” помилок метеорологічної підготовки і показників ефективності при визначенні установок за даними пристрілювальної гармати і снарядом з “відповідачем” у системі GPS – трекер за запропонованим підходом, при стрільбі з 152-мм СГ 2С3М, снаряд ОФ-540Ж [9] приведені в табл. 1 та рис. 1.

Таблиця 1

Ймовірність P та відносне збільшення ймовірності ΔP ураження цілі при визначенні установок за даними пристрілювальної гармати і снарядом з “відповідачем” у системі GPS – трекер

152-мм СГ 2С3М	$D_{стр.}$ [км]	$P_{СТ}$	P_H	ΔP	$P_{СТ}$	P_H	ΔP	$P_{СТ}$	P_H	ΔP	$P_{СТ}$	P_H	ΔP	$P_{СТ}$	P_H	ΔP
	10	0,85	0,91	7,1	0,84	0,91	8,3	0,83	0,91	9,6	0,83	0,91	9,6	0,83	0,91	9,6
	14	0,76	0,90	18,4	0,74	0,90	21,6	0,72	0,90	25	0,71	0,90	26,7	0,70	0,90	28,5
	16	0,74	0,91	23,0	0,72	0,91	26,4	0,70	0,91	30	0,69	0,91	28,5	0,67	0,91	35,8
№ умови	$\Delta t=0$ $d=0,5$ км $\beta = \pm 0 - 50$ $\Delta d = \pm 0,5$ км			$\Delta t=1$ з $d=1$ км $\beta = \pm 1 - 00$ $\Delta d = \pm 1$ км			$\Delta t=2$ з $d=2$ км $\beta = \pm 2 - 00$ $\Delta d = \pm 1,5$ км			$\Delta t=3$ з $d=3$ км $\beta = \pm 2 - 50$ $\Delta d = \pm 2$ км			$\Delta t=4$ з $d=5$ км $\beta = \pm 3 - 00$ $\Delta d = \pm 2$ км			

де Δt – час переносу вогню від репера; $d=0$ – відстань між вогневою позицією пристрілювальної гармати і батареєю, що використовує її дані; β – кут переносу вогню за напрямком; Δd – границі переносу вогню за дальністю.

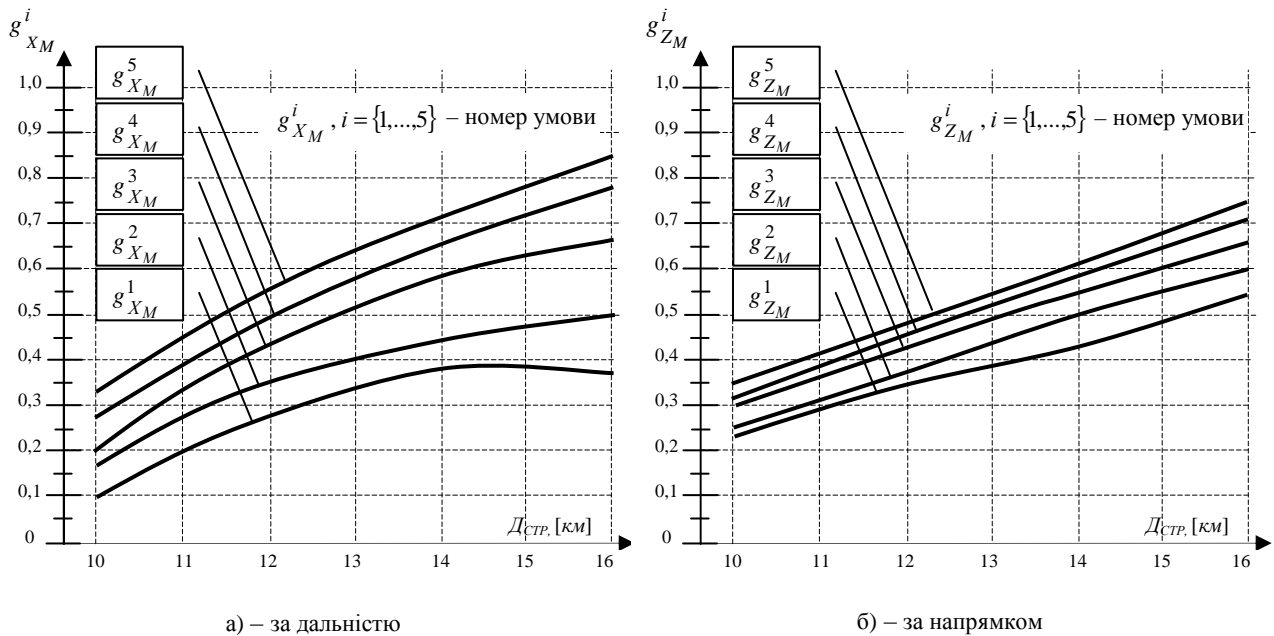


Рис. 1. Вага похибок метеорологічної підготовки

Висновки

Таким чином, суттєвий вплив на сумарну похибку підготовки і, як результат ефективність ураження цілей при стрільбі на великі відстані при визначенні установок за даними пристрілювальної гармати викликають похибки через зміну метеорологічних умов за часом і дальністю, та похибки врахування метеорологічних і балістичних умов стрільби, (вага похибок складає $g_{x_M} = 35 - 70\%$).

Зміна метеоумов за часом впливає на термін придатності пристрілювальних поправок, який можливо встановити в залежності від стану погоди, висоти траєкторії і значень віддалення цілі від репера. Якщо взяти за критерій, що точність

запропонованого способу не повинна бути нижче точності повної підготовки, то проведенні розрахунки показали, що перенос вогню від репера на ціль повинен відбуватися через можливо менший проміжок часу, але не більше ніж через 3 години стійкої погоди.

2. Похибки у відстані при застосуванні даних GPS – трекер снарядом з “відповідачем” збільшуються при збільшенні віддалення цілі від репера Δd , кута переносу β і часу переносу вогню після пристрілювання репера Δt .

3. Похибки в напрямку при використанні даних GPS-трекера при стрільбі з усіх гармат зменшуються при переносі вогню в ближню сторону, а при переносі вогню в дальність збільшуються. Для встановлення практичних

рекомендацій щодо границі переносу вогню від репера створеного снарядом з “відповідачем” в системі GPS–трекер необхідно вибрати деякий критерій, за яким похибки при переносах вогню були менше (чи рівними) відповідним похибкам при повній підготовці, тобто:

$$E_{X_y}^{GPS} \leq E_{X_y}^{ПП}, E_{Z_y}^{GPS} \leq E_{Z_y}^{ПП},$$

де $E_{X_y}^{GPS}, E_{Z_y}^{GPS}$ – серединні похибки підготовки

установок для стрільби в дальності та напрямку при визначенні установок GPS;

$E_{X_y}^{ПП}, E_{Z_y}^{ПП}$ – серединні похибки підготовки

установок для стрільби в дальності та напрямку пристрілювальної гармати.

Враховуючи ці вимоги та використовуючи результати розрахунків (табл. 1), є можливість встановити границі переносу вогню за дальністю і напрямком.

Границі переносу вогню від одного репера, створеного снарядом з “відповідачем” способом

коефіцієнта трансформації $K = \frac{D_T^R}{D_T}$ для ствольної

та реактивної артилерії з дальністю стрільби більше 10 км: 2000-2500 м в дальню сторону і 2500-3000 м в ближню сторону.

Перенос вогню за напрямком (кут β) при створенні одного репера у всіх випадках за дальністю перевищує 3–50. Перенос вогню від створеного репера за цілями повинен здійснюватися не пізніше 3 год після пристрілювання даних.

4. При використанні границь переносу вогню при стрільбі снарядами з “відповідачем” в системі GPS–трекер відносний приріст показника ефективності при ураженні різних цілей складає 12-35%, при стрільбі реактивними системами залпового вогню – 25-50%.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що запропонований спосіб врахування метеорологічних умов стрільби на політ снаряда за допомогою снарядів з “відповідачем” в системі GPS – трекер є суттєвим, що дає підставу для розробки та використання цих снарядів, як для ствольної, так і для реактивної артилерії.

Список літератури

1. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии / [Под ред. Круковского А.С.]. – М.: Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.

2. Грабчак В.І. Джерела помилок та їх вплив на точність повної підготовки стрільби артилерії / В.І. Грабчак, В.В. Прокопенко, Ю.І. Бударецький // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: ХУПС. – 2011. – Вип. 3 (27). – С. 2-7.

3. Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии. Учебник. – ВВА, 1978. – 454 с.

4. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии / [Под ред. Волобуева В.И.] – М.: Воениздат, 1987. – 376 с.

5. Макеев В.І., Колобилін С.М. Обґрунтування методу ураження нерухомих спостережних цілей при визначенні установок з використанням систем «снаряд з

GPS-трекером – базова станція GPS». НДР: Міністерство освіти і науки України. УДК 623.4.022, №0108; 007134, 2009. – 81 с.

6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1964. – 572 с.

7. Левин Л. М. Теория полета неуправляемых ракет / Л. Левин. – М.: Машиностроение, 2005. – 607 с.

8. Червонный А. А. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения / А.А. Червонный. – М.: Воениздат, 1979. – 93 с.

9. Таблицы стрельбы 152-мм самоходной гаубицы 2С3 (2С3М) / [Авт. текста Н.П. Рослова]. – М.: Воен. издательство. 1984. – 216 с.

Рецензент: к.т.н., с.н.с. В.І. Грабчак, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ЗА ДАННЫМИ ПРИСТРЕЛОЧНОГО ОРУДИЯ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ И СНАРЯДОВ С “ОТВЕТЧИКОМ” В СИСТЕМЕ GPS-ТРЕКЕР

Б.О. Попков

В статье на основании анализа системы ошибок в дальности и направлении стрельбы артиллерийских систем для вращающихся снарядов, предложена система ошибок, сопровождающая стрельбу артиллерийских систем для реактивных (оперенных) снарядов, определены срединные ошибки подготовки установок по данным пристрелочных орудий для реактивных (оперенных) снарядов, а также снарядов оснащенных “ответчиком” в системе GPS-трекер, рассчитана вероятность поражения и относительное увеличение вероятности поражения цели.

Ключевые слова: срединные ошибки, пристрелочное орудие, реактивные (оперенные) снаряды, вероятность поражения цели, GPS-трекер.

MATHEMATICAL MODEL OF TARGETS ENGAGEMENT EFFICIENCY EVALUATION BY THE DATA OF ADJUSTMENT GUN FOR JET PROJECTILES AND PROJECTILES WITH "TRANSPONDER" IN THE GPS-TRACKER SYSTEM

B. Popkov

The article presents a system of errors for jet (fin-stabilized) projectiles, occurring during artillery systems fire on the basis of error system analysis of range and direction of artillery systems fire for spinning projectiles. Probable errors in preparation of settings on the data of the adjustment guns for jet (fin-stabilized) projectiles, as well as projectiles equipped with "transponder" in the GPS-tracker system have been defined; probability of engagement and relative increase of target engagement probability has been calculated.

Key words: probable errors, adjustment gun, jet (fin-stabilized) projectiles, target engagement probability, GPS-tracker.

УДК 623

П.О. Русіло, Р.Г. Будяну, О.М. Калінін, В.В. Костюк, Ю.В. Варванець

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ОБҐРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ І ПОДАЛЬШОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВІТЧИЗНЯНИХ БРОНЕТРАНСПОРТЕРІВ

Проведена оцінка рівня технічної досконалості найкращих сучасних зразків бронетранспортерів з колісною формулою 8×8, яка обґрунтовує тактико-технічні характеристики для модернізації та розроблення перспективних зразків. Порівняльний аналіз рівня технічної досконалості свідчить про те, що вітчизняні бронетранспортери БТР-4 «Ладья» і БТР-3Е1 займають провідне місце серед перспективних зразків, які знаходяться в серійному виробництві і на озброєні армій передових країн світу.

Ключові слова: базове шасі, бронетранспортер, зразок, модернізація, рівень технічної досконалості, тактико-технічні характеристики.

Вступ

Постановка проблеми. Досвід ведення бойових дій у сучасних збройних конфліктах показує, що для успішного виконання бойових завдань механізованих і танкових підрозділів, забезпечення необхідного рівня мобільності підрозділів та захисту особового складу ефективно використовуються броньовані машини.

Бронетранспортер (БТР) як броньована колісна або гусенична машина підвищеної прохідності може використовуватися в ході проведення миротворчих операцій для бойової охорони військ, несення служби на блокпостах, супроводження колон, патрулювання конфліктних зон, проведення асиметричних автономних дій у відповідь противнику [1]. Спеціально обладнані БТР використовуються для доставки на поле бою зброї, боеприпасів та іншого військового майна, евакуацію поранених. Стрімкий розвиток засобів збройної боротьби, тактики ведення бою і нових організаційно-штатних структур збройних формувань постійно вносить свої корективи до

вимог, які висуваються до сучасної і перспективної бронетанкової техніки.

Обґрунтування тактико-технічних характеристик для розроблення нових перспективних зразків і подальшої модернізації вітчизняних бронетранспортерів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Досвід бойового застосування БТР у локальних конфліктах в останні десятиріччя підтвердив крайню необхідність мати машини з підвищеним рівнем основних бойових характеристик.

На сьогодні практично в усіх арміях світу основну частку бронетанкового озброєння та техніки складають бойові колісні машини типу БТР.

Поряд з ефективним використанням існуючих зразків БТР одночасно відбувається процес модернізації та розроблення нових і перспективних [2–11].

Одним з головних напрямів, які розвиваються на світовому ринку бойових броньованих машин в останні роки є проектування, розроблення і закупівля БТР з колісною формулою 8×8.