

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОВТ

УДК 623.4

І.О. Кондратюк

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

### ОЦІНКА ВНЕСКУ ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТІ РОБОТИ ЗАСОБІВ ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

*Проведено дослідження внеску характеристик точності роботи засобів топогеодезичної підготовки на показник ефективності стрільби артилерійських комплексів. За результатами досліджень визначені пріоритетні шляхи модернізації топогеодезичних приладів (апаратури).*

**Ключові слова:** засоби топогеодезичної підготовки, характеристики точності, вагові коефіцієнти.

#### Вступ

**Постановка проблеми.** Ефективність вогневого ураження артилерією залежить від якісного проведення заходів з підготовки стрільби, що включає в себе визначення координат цілі, топогеодезичну, метеорологічну, балістичну, технічну підготовку та підготовку вихідних даних для стрільби. Важливе місце серед перерахованих заходів займають заходи з топогеодезичної підготовки, оскільки без них неможливо виконання будь-яких завдань артилерійським комплексом. Для виконання зазначених заходів з підготовки стрільби використовують різні вимірювальні прилади з визначеними характеристиками.

На сучасному етапі розвитку техніки є можливість здійснити заміну існуючих вимірювальних приладів засобів з підготовки стрільби артилерії на прилади з найбільш покращеними характеристиками. Особливо це питання стосується приладів топогеодезичної підготовки, оскільки помилки їх роботи впливають не тільки на точність топогеодезичної підготовки, але і на точність визначення координат цілі.

Умовно засоби топогеодезичної підготовки можливо поділити на засоби визначення дирекційних кутів, визначення відстаней і навігаційні. Враховуючи їх велику кількість, виникає питання: на яку характеристику цих засобів необхідно звернути увагу під час їх розробки або модернізації.

**Аналіз публікацій.** Аналіз проведених досліджень [1–3] показує, що дослідження проводились тільки з визначення пріоритетності виду засобу підготовки стрільби під час виконання завдань артилерійським комплексом, а питання внеску характеристик цих засобів не розглядалося.

**Мета статті.** З метою визначення характеристик, яким необхідно приділити більше уваги при модернізації або розробці нових приладів (апаратури) топогеодезичної підготовки, пропонується провести дослідження їх чутливості на показник ефективності стрільби. Рішення цієї задачі передбачає розробку моделі оцінки внеску точнісних характеристик засобів топогеодезичної підготовки в цей показник та визначення методом регресійного аналізу вагових коефіцієнтів при кожній характеристиці.

#### Основна частина

Відповідно до [4] топогеодезична підготовка включає визначення координат та абсолютних висот, а також орієнтирних напрямів. Для рішення цієї задачі застосовуються кутовимірювальні, далекомірні прилади та навігаційна апаратура. Точність роботи приладів визначається виразом [4]

$$E_{\sigma} = \sqrt{E_{r0km}^2 + \frac{E_{\delta}^2 + (E_{\alpha}^2 + E_{\beta}^2) \cdot \frac{D_{km-on}^2}{1000^2}}{2}}, \quad (1)$$

де  $E_{r0km}$  – кругова середина помилка визначення координат початкової точки;

$E_{\delta}$  – середина помилка визначення відстані між початковою і прив'язувальною точками;

$E_{\alpha}$  – середина помилка визначення дирекційного кута;

$E_{\beta}$  – середина помилка виміру кута між вихідним напрямом і напрямом на прив'язувальну точку;

$D_{km-on}$  – відстань між початковою і прив'язувальною точкою вогневої позиції.

Точність функціонування навігаційної апаратури [4] визначається за формулою

$$E_{\delta} = \sqrt{E_{r0km}^2 + E_{na}^2 + \frac{(E_{\alpha}^2 \cdot 0,001 D_{km})^2}{2}}, \quad (2)$$

де  $E_{na}$  – кругова серединна помилка визначення прирощень координат прив'язувальної точки відносно початкової (обумовлена інструментальними погрішностями навігаційної апаратури);

$E_{\alpha}$  – серединна помилка визначення дирекційного кута поздовжньої осі топоприв'язника на початковій точці;

$D_{km}$  – пройдена відстань топоприв'язником.

Помилки роботи засобів топогеодезичної підготовки визначаються у такий спосіб [3]:

за дальністю

$$E_{xm} = \sqrt{E_{\delta}^2 + (E_{hu} \cdot ctg \theta_c)^2}, \quad (3)$$

де  $E_{hu}$  – середня помилка визначення висоти позиції;

$\theta_c$  – кут падіння снаряда;

за напрямком

$$E_{zm} = \sqrt{E_{\delta}^2 + (0,001 \cdot D_m \cdot E_{op})^2}, \quad (4)$$

де  $D_m$  – дальність до цілі топографічна;

$E_{op}$  – середня помилка орієнтування гармати ( $E_{op} = E_{\alpha}$ ).

Сумарні помилки заходів з підготовки стрільби за дальністю  $E_x$  та напрямком  $E_z$  визначаються [3] сумою незалежних помилок засобів розвідки ( $E_{xp}, E_{zp}$ ), обчислень ( $E_{xo}, E_{zo}$ ), топогеодезичної ( $E_{xm}, E_{zm}$ ), метеорологічної ( $E_{xm}, E_{zm}$ ), балістичної ( $E_{x\delta}$ ) і технічної підготовки ( $E_{xmex}, E_{zmex}$ ):

за дальністю

$$E_x = \sqrt{E_{xm}^2 + E_{xp}^2 + E_{xm}^2 + E_{x\delta}^2 + E_{xmex}^2 + E_{xo}^2}, \quad (5)$$

за напрямком

$$E_z = \sqrt{E_{zm}^2 + E_{zp}^2 + E_{zm}^2 + E_{zmex}^2 + E_{zo}^2}. \quad (6)$$

З метою врахування параметрів розсіювання снарядів сумарні помилки заходів з підготовки стрільби перераховують у зведені серединні помилки пострілу [3] за дальністю ( $E_{\delta 0}$ ) і

напрямком ( $E_{n0}$ ). Для артилерійської батареї вони визначаються:

$$E_{\delta 0} = 4 \sqrt{\frac{(s-1)E_x^4 + s(d_z-1)E_{x\delta}^4}{N-1}}; \quad (7)$$

$$E_{n0} = 4 \sqrt{\frac{(s-1)E_z^4 + s(d_z-1)E_{z\delta}^4}{N-1}}; \quad (8)$$

де  $s$  – витрата снарядів на гармату;

$d_z$  – кількість гармат у батареї;

$N$  – загальна витрата снарядів на ціль;

$E_{x\delta}, E_{z\delta}$  – серединні помилки роботи засобів

підготовки стрільби за дальністю і напрямком, які повторюються для всіх батарей у дивізіоні.

Отримані значення підставляються у методику розрахунку математичного очікування числа уражених цілей, яка наведена (рис. 1).

При проведенні досліджень приймемо обмеження:

- стрільба ведеться однією батареєю 152-мм СГ 2С3, снаряд ОФ-25, число гармат у батареї – 6;

- ціллю є артилерійська батарея противника;

- усі відхилення умов стрільби визначались на вогневій позиції батареї;

- мінімальна дальність стрільби – 4000 м, максимальна – 17000 м, заряд для стрільби на усі дальності підбирався оптимальний.

Дослідженню підлягають такі характеристики, як: серединна помилка визначення дирекційного кута  $E_{\alpha}$ , серединна помилка визначення відстані між початковою і прив'язувальною точками  $E_D$ , кругова серединна помилка  $E_{na}$ , визначення прирощень координат прив'язувальної точки відносно початкової за допомогою навігаційної апаратури. Ці характеристики за допомогою датчика випадкових чисел варіювалися в межах від існуючого значення до нуля та за отриманим значенням за допомогою розглянутої моделі проводився розрахунок математичного очікування ураження цілей. За отриманими даними – значенням характеристики та математичним очікуванням ураження цілі – визначаються регресійні залежності на всьому інтервалі дальності стрільби артилерійського комплексу.

У результаті роботи отримано вагові коефіцієнти характеристик приладів розвідки, значення яких приведено (рис. 2). На графіку показана залежність вагових коефіцієнтів ( $kE_{\alpha}$ ,  $kE_D$ ,  $kE_{na}$ ) при відповідних характеристиках у залежності від дальності стрільби до цілі ДЦ.

Перерахунок значень зведених помилок  $E'_{\partial 0}$ ,  $E'_{z0}$ , характеризуючих повторювані помилки: за дальністю

$$E'_{x0} = \begin{cases} \sqrt{E_{\partial 0}^2 + 0,038\Gamma_{ц}^2} & , \text{ якщо ціль згрупова} \\ E_{\partial 0} & , \text{ якщо ціль окрема} \end{cases}$$

за напрямком

$$E'_{z0} = \begin{cases} \sqrt{E_{z0}^2 + 0,038\Phi_{ц}^2} & , \text{ якщо ціль згрупова} \\ E_{z0} & , \text{ якщо ціль окрема} \end{cases}$$

де  $\Gamma_{ц}$  - глибина цілі;  
 $\Phi_{ц}$  - фронт цілі

### ВИЗНАЧЕННЯ НАЙВИГІДНІШИХ СПОСОБІВ ОБСТРІЛУ ЦІЛІ

1. Визначення приведеної глибини  $l_n$  та фронту  $m_n$  за значенням приведеної зони ураження  $S_n$  цілі:

$$l_n = \frac{\sqrt{S_n}}{2}, \quad m_n = 2 \cdot \frac{l}{n}$$

2. Визначення функцій  $T_{x(l,m)}$  і  $T_{z(l,m)}$  шляхом інтерполяції таблиці (ТОС і УВ) за значеннями  $l$  і  $m$ , визначених за залежностями:

$$l = \frac{l_n}{B_{\partial 0}}, \quad m = \frac{m_n}{B_{z0}}$$

де  $B_{\partial 0}$  - помилка розсіювання умовної гармати за дальністю;  
 $B_{z0}$  - помилка розсіювання умовної гармати за напрямком.

3. Визначення кількості точок прицілювання ( $n_{\Gamma}$ ,  $n_{\Phi}$ ), попередньо визначив величини  $A$  і  $B$ , мінімальне число точок прицілювання по фронту  $n_{\Phi min}$  та глибині  $n_{\Gamma min}$

$$A = \gamma_2 \cdot E_{x0}^2 - T_x \cdot B_{\partial 0}^2, \quad B = \gamma_2 \cdot E_{z0}^2 - T_z \cdot B_{z0}^2,$$

$$n_{\Gamma min} = \sqrt{1 + \frac{12}{(4B_{\partial 0})^2} \cdot A}, \quad n_{\Phi min} = \sqrt{\frac{1 + \frac{12}{(4B_{z0})^2} \cdot B}{1}}, \text{ якщо } B > 0$$

$$n_{\Gamma} = \begin{cases} 1, & \text{ якщо } A \leq 0 \\ 3, & \text{ якщо } A > 0 \end{cases}, \quad n_{\Phi} = \begin{cases} 1, & \text{ якщо } B \leq 0 \\ 6, & \text{ якщо } n_{\Phi min} \leq 8 \text{ і } B > 0 \\ 12, & \text{ якщо } n_{\Phi min} > 8 \text{ і } B > 0 \end{cases}$$

4. При знайдених значеннях числа точок прицілювання  $n_{\Phi}$ ,  $n_{\Gamma}$  розраховуємо найвигідніші значення стрибка прицілу і інтервал віяла:

$$h_x = \begin{cases} \sqrt{\frac{12}{n_{\Gamma}^2 - 1} \cdot A}, & \text{ якщо } n_{\Gamma} = 3 \\ 0, & \text{ якщо } n_{\Gamma} > 3 \end{cases}, \quad h_z = \begin{cases} \sqrt{\frac{12}{n_{\Phi}^2 - 1} \cdot B}, & \text{ якщо } n_{\Phi} \geq 3 \\ 0, & \text{ якщо } n_{\Phi} < 3 \end{cases}$$

### ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ СНАРЯДІВ

1. У залежності від типу вогневого засобу визначаємо коефіцієнт, враховуючий можливості режиму вогню:

$$\alpha = 0,72 + 6,5 \cdot 10^{-3} q - 5,9 \cdot 10^{-5} q^2,$$

де  $q$  - вага снаряда.

2. Визначення вогневої продуктивності ( $\Lambda$ ) гармати з урахуванням режиму вогню за час вогневого нальоту  $t_{он}$

$$\Lambda = \lambda \cdot t_{он}^{\alpha-1}$$

де  $\lambda$  - практична скорострільність гармат.

3. Визначення загальної витрати снарядів  $N$

$$N = \begin{cases} k \cdot \Lambda \cdot t_{он}, & \text{ якщо батарея} \\ m_{б} \cdot k \cdot \Lambda \cdot t_{он}, & \text{ якщо дивізіон} \end{cases}$$

де  $k$  - кількість гармат в батареї

$m_{б}$  - кількість батарей в дивізіоні

### ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ $L_{xp}$ І ФРОНТУ $L_{zp}$ ЗОНИ РЕАЛЬНО РЕАЛІЗОВАНОЇ РІВНОМІРНОЇ ЦІЛЬНОСТІ ОБСТРІЛУ

$$L_{xp} = \frac{B_{\partial 0}}{\rho} \sqrt{\frac{6 + \rho^2 h_x^2 (n_{\Gamma}^2 - 1)}{4}}, \quad L_{zp} = \frac{B_{z0}}{\rho} \sqrt{\frac{6 + \rho^2 h_z^2 (n_{\Phi}^2 - 1)}{4}},$$

### ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ОЧІКУВАННЯ ЧИСЛА УРАЖЕНИХ ЦІЛЕЙ

$$M = \left[ 1 - e^{-\frac{NS_{II\tau}(l,m)}{2L_{xp} 2L_{zp}}} \right] \Phi\left(\frac{L_{xp}}{E_{x0}}\right) \Phi\left(\frac{L_{zp}}{E_{z0}}\right).$$

Рис. 1. Методика розрахунку математичного очікування числа уражених цілей

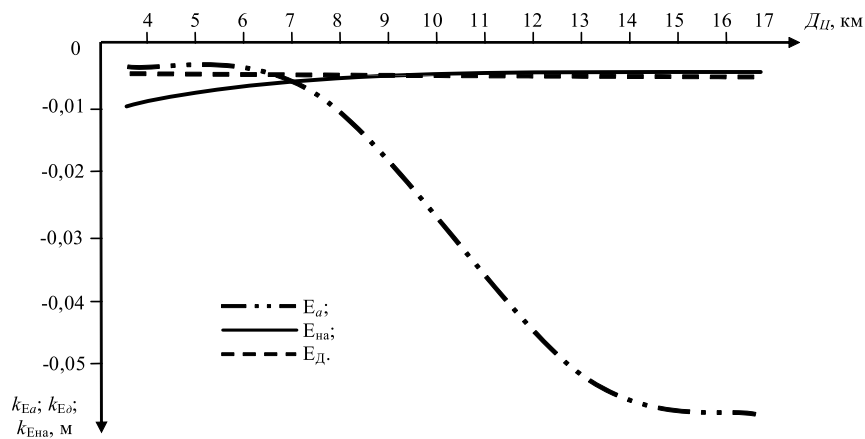


Рис. 2. Залежність вагових коефіцієнтів характеристик від дальності стрільби

## Висновки

Аналізуючи цей графік, бачимо, що значення вагових коефіцієнтів негативне, отже, вони зменшують імовірність ураження цілі. Величина даних коефіцієнтів вказує на чутливість даної характеристики приладів розвідки, тобто на скільки дана характеристика (помилка) впливає на імовірність ураження цілі на відповідній дальності стрільби. Велике значення має помилка у визначенні дирекційного кута ( $E_a$ ), особливо на великих (більше 12 км) дальностях стрільби. Помилки у визначенні дальності ( $E_d$ ) та прирощень координат ( $E_{на}$ ) до контурної точки істотної ваги не складають.

Таким чином, дослідження показують, що під час модернізації або розробки нових приладів (апаратури) топогеодезичної підготовки в артилерійському комплексі необхідно приділити більшу увагу засобам визначення дирекційних кутів.

## Список літератури

1. Аверьянов А.И. [и др.] *Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии*. – Л.: ВВА, 1978. – 454 с.
2. Барковский А.Ф., Чудаков Ю.В. *Основы оценки эффективности огневого поражения противника*. – Л.: ВВА, 1988. – 32 с.
3. Гріцай М.П., Колесніков В.О., Мазуренко В.В. [і інші]. *Теоретичні основи стрільби на поразку неспостережених цілей*. – Суми: ВІА, 2004. – 439 с.
4. *Топогеодезическая подготовка ракетных войск и артиллерии*. – М.: Воениздат, 1988. – 398 с.

**Рецензент:** А.М. Зубков, д.т.н., с.н.с., Академія сухопутних військ, Львів.

## ОЦЕНКА ВКЛАДА ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТИ РАБОТЫ СРЕДСТВ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

И.О. Кондратюк

*Поведены исследования вклада характеристик точности работы средств топогеодезической подготовки на показатель эффективности стрельбы артиллерийских комплексов. По результатам исследований определены приоритетные пути модернизации топогеодезических приборов (аппаратуры).*

**Ключевые слова:** средства топогеодезической подготовки, характеристики точности, весовые коэффициенты.

## EVALUATION OF CONTRIBUTION OF OPERATIONAL ACCURACY CAPABILITIES OF SURVEY PREPARATION MEANS

I. Kondratiuk

*Research of influence of survey preparation means operational accuracy characteristics on the parameter of artillery systems shooting efficiency was carried out. Research resulted in determining priority ways of survey devices (apparatus) modernization.*

**Keywords:** survey preparation means, accuracy features, weight coefficients.