

УДК 623.546

В.Є. Житник<sup>1</sup>, В.М. Петренко<sup>1</sup>, П.Є. Трофименко<sup>1</sup>, В.І. Грідін<sup>2</sup><sup>1</sup>Сумський державний університет, Суми<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ «ВАГИ» ОКРЕМИХ ДЖЕРЕЛ ПОМИЛОК ПІД ЧАС СТРІЛЬБИ РЕАКТИВНИМИ СНАРЯДАМИ

В статті, запропоновано методику розрахунку «ваги» окремих джерел похибок метеорологічних факторів, які впливають на точність, під час стрільби опереними реактивними снарядами. Визначення ваги тих, чи інших факторів в помилці повної підготовки проводилось на основі розрахунку серединних помилок повної підготовки в дальності та напрямку. На основі розробленої методики обґрунтовані рекомендації щодо врахування основних збурюючих факторів та використання засобів приладного оснащення для їх осереднення.

**Ключові слова:** помилки підготовки, коефіцієнт кореляції, ймовірність, математичне очікування, активна ділянка траєкторії, пасивна ділянка траєкторії, вага помилки.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

В літературі по теорії польоту і стрільби відсутній математичний апарат, який дозволяє враховувати вплив метеорологічних факторів окремо для пасивних і активних ділянок траєкторії [1, 2], що затруднює надання рекомендацій з врахування тих, чи інших факторів і використання засобів приладного оснащення для вирішення даної задачі.

В зв'язку з цим виникла необхідність визначення основних збурюючих факторів, що впливають на політ реактивних снарядів через їх «вагу», тобто долю в загальному впливі.

**Мета статті** – запропонувати методику розрахунку «ваги» окремих джерел похибок, під час стрільби опереними реактивними снарядами і обґрунтувати рекомендації щодо врахування основних збурюючих факторів та використання засобів приладного оснащення для їх осереднення.

### Основна частина

#### Визначення серединних помилок повної підготовки та показників ефективності стрільби

Для визначення ваги тих, чи інших факторів в помилці повної підготовки розрахуємо серединні помилки повної підготовки  $E_{xy}$ ,  $E_{zy}$  в дальності та напрямку під час стрільби реактивними снарядами. Визначимо вагу кожної помилки в дальності, які виникають внаслідок впливу температури повітря, наземного тиску атмосфери, температури заряду реактивного снаряда, повздовжньої складової балістичного вітру на пасивній ділянці траєкторії (ПДТ), повздовжньої складової балістичного вітру на активній ділянці траєкторії (АДТ), бокової складової балістичного вітру на АДТ на дальність польоту (перехресний вплив вітру). Та визначимо вагу кожної помилки в напрямку, які виникають внаслідок впливу бокової складової балістичного вітру на ПДТ, бокову

складову балістичного вітру на АДТ, повздовжньої складової балістичного вітру на АДТ на напрямком (перехресний вплив вітру).

Визначимо серединні помилки і показники ефективності стрільби на ураження на основі використання положень теоретичних основ стрільби наземної артилерії наведених в [1, 2]. Умовні позначення величин, які використовуються в наведених формулах, є загальноприйнятими в теорії стрільби наземної артилерії.

Помилки підготовки стрільби і управління вогнем визначимо за залежностями:

$$E_{xy}^2 = E_{Xd}^2 + E_{Xбд}^2 + E_{Xгр}^2; \quad (1)$$

$$E_{zy}^2 = E_{Zд}^2 + E_{Zбд}^2 + E_{Zгр}^2. \quad (2)$$

Помилки пуску:

$$B_{дп}^2 = E_{Xd}^2 + E_{Xбд}^2 + E_{Xгр}^2 + Bд^2 = E_{Xy}^2 + Bд^2; \quad (3)$$

$$B_{бп}^2 = E_{Zд}^2 + E_{Zбд}^2 + E_{Zгр}^2 + Bб^2 = E_{Zy}^2 + Bб^2. \quad (4)$$

Гарматні коефіцієнти кореляції:

$$\chi_{Xгр} = \frac{E_{Xгр}^2 + E_{Xбд}^2 + E_{Xd}^2}{B_{дп}^2} = \frac{E_{xy}^2}{B_{дп}^2}; \quad (5)$$

$$\chi_{Zгр} = \frac{E_{Zгр}^2 + E_{Zбд}^2 + E_{Zд}^2}{B_{бп}^2} = \frac{E_{zy}^2}{B_{бп}^2}. \quad (6)$$

Батарейні коефіцієнти кореляції:

$$\chi_{Xб} = \frac{E_{Xd}^2 + E_{Xбд}^2}{B_{дп}^2} = \frac{E_{Xб}^2}{B_{дп}^2}; \quad (7)$$

$$\chi_{Zб} = \frac{E_{Zд}^2 + E_{Zбд}^2}{B_{бп}^2} = \frac{E_{Zб}^2}{B_{бп}^2}. \quad (8)$$

Дивізіонні коефіцієнти кореляції:

$$\chi_{Xd} = \frac{E_{Xd}^2}{B_{дп}^2}; \quad \chi_{Zд} = \frac{E_{Zд}^2}{B_{бп}^2}. \quad (9)$$

Зведені коефіцієнти кореляції:

$$\chi_{X_0} = \sqrt{\frac{\chi_{X_{гр}}^2 + (K-1) \cdot \chi_{X_6}^2 + K \cdot (m-1) \cdot \chi_{X_{дл}}^2}{K \cdot m}}; \quad (10)$$

$$\chi_{Z_0} = \sqrt{\frac{\chi_{Z_{гр}}^2 + (K-1) \cdot \chi_{Z_6}^2 + K \cdot (m-1) \cdot \chi_{Z_{дл}}^2}{K \cdot m}}. \quad (11)$$

Визначаємо зведені серединні помилки підготовки установок:

$$E_{до} = B_{дп} \cdot \sqrt{\chi_{X_0}}; \quad E_{но} = B_{6п} \cdot \sqrt{\chi_{Z_0}}. \quad (12)$$

Визначаємо зведені серединні помилки розсіювання:

$$B_{до} = \sqrt{B_{дп}^2 - E_{до}^2}; \quad B_{6о} = \sqrt{B_{6п}^2 - E_{но}^2}. \quad (13)$$

Визначаємо зведені серединні помилки підготовки установок з урахуванням розмірів групової цілі:

$$E'_{до} = \sqrt{E_{до}^2 + 0,038 \cdot \Gamma_{ц}^2}; \quad E'_{но} = \sqrt{E_{но}^2 + 0,038 \cdot \Phi_{ц}^2}. \quad (14)$$

Визначаємо параметр  $K_2$ , який залежить від імовірності ураження цілі та визначається за формулою:

$$K_2 = N \cdot \frac{S_{п} \cdot \tau(l, m)}{E'_{до} \cdot E'_{но}}. \quad (15)$$

Функція  $\tau(l, m)$  враховує розміри приведеної зони ураження і характеристики технічного розсіювання снарядів та визначається за таблицею 7.2, сторінка 282 [2], входом в таблицю є параметри:

$$l = \frac{l_{п}}{B_0} \quad \text{і} \quad m = \frac{m_{п}}{B_6} \quad (16)$$

Величини  $l_{п}$ ,  $m_{п}$ , що характеризують приведену зону ураження та визначаються залежно від характеру впливу уражаючих факторів: осколкова дія:

$$l_{п} = \sqrt{\frac{S_{п}}{8}}; \quad m_{п} = \sqrt{\frac{S_{п}}{2}}, \quad \text{фугасна дія: } l_{п} = m_{п} = \sqrt{\frac{S_{п}}{4}}.$$

Згідно значення параметру  $K_2$  за табл. 7.3, яка наведена на с. 284 [2]; визначаємо показники ефективності стрільби  $P$  ( $M[a]$ ).

Відносне збільшення показників ефективності визначено по залежностям:

$$\Delta P = \frac{P_{н} - P_{ст}}{P_{ст}} \cdot 100; \quad \Delta M = \frac{M[a]_{н} - M[a]_{ст}}{M[a]_{ст}} \cdot 100.$$

### Особливості оцінки ефективності під час стрільби реактивною артилерією

Групування помилок:

Дивізіонні помилки:

$$E_{X_{дл}}^2 = E_{X_{мдл}}^2 + E_{X_{ц}}^2 + E_{X_{тс}}^2; \quad (17)$$

$$E_{Z_{дл}}^2 = E_{Z_{мдл}}^2 + E_{Z_{ц}}^2 + E_{Z_{тс}}^2. \quad (18)$$

Батарейні помилки:

$$E_{X_{6д}}^2 = E_{X_{грф}}^2 + E_{X_{мдл}}^2 + E_{X_6}^2 + E_{X_{гр}}^2; \quad (19)$$

$$E_{Z_{6д}}^2 = E_{Z_{грф}}^2 + E_{Z_{мдл}}^2 + E_{X_{гр}}^2. \quad (20)$$

Гарматні помилки:

$$E_{X_{гр}}^2 = E_{X_{тс}}^2; \quad E_{Z_{гр}}^2 = E_{Z_{тс}}^2, \quad (21)$$

де  $E_{X_{ц}}^2 = E_{ц}^2 + (E_{6ц} \cdot \text{ctg} \Theta_C)^2$ ;  $E_{Z_{ц}}^2 = E_{ц}^2$ ;

$$E_{X_{грф}}^2 = E_6^2 + (E_{6ц} \cdot \text{ctg} \Theta_C)^2 + (0,001 D_T^u)^2;$$

$$E_{Z_{грф}}^2 = E_6^2 + (0,001 D_T^u \cdot E_{6гр})^2;$$

$$E_{X_6}^2 = (0,1 \Delta X_{T_3} \cdot E_{6\Delta T_3})^2;$$

де  $E_{X_{тс}} = 0,75 \Delta X_{тс}$ ;  $E_{Z_{тс}} = 0,65 \cdot 0,001 D_T^u$ ;

$$E_{X_{тс}} = 0,003 D_T^u;$$

$$E_{Z_{тс}}^2 = (0,01 \cdot D_T^u \cdot E_{6z})^2 + 2,2 E_{6\Delta Z_w}^2 \cdot E_{wz}^2;$$

$$E_{6\Delta Z_w} = 0,05 \cdot 0,1 \cdot \Delta Z_w$$

де  $E_{wz} = 4,5$ ;  $E_{X_{сп}} = 0,2 \Delta X_{тс}$ ;  $E_{Z_{сп}} = 0,2 \cdot 0,001 D_T^u$ .

### Особливості врахування метеорологічних факторів під час стрільби реактивною артилерією

А. На пасивній ділянці траєкторії:

$$E_{X_{мдл}}^2 = \sqrt{E_{X_{н}}^2 + E_{X_{т}}^2 + E_{W_x}^2}; \quad (22)$$

$$E_{Z_{мдл}}^2 = 0,1 \Delta Z_{W_z} \cdot E_{6W_z} \cdot 0,001 D_T^u; \quad (23)$$

де  $E_{W_x} = 0,1 \cdot \Delta X_{W_{пх}} \cdot E_{6W_x}$ ;

$$E_{X_{т}} = 0,1 \cdot \Delta X_{T_6} \cdot E_{6\Delta T}; \quad E_{X_{н}} = 0,1 \cdot \Delta X_{н} \cdot E_{6H_T};$$

$$E_{6\Delta H} = \sqrt{E_{ОП[\Delta H]}^2 + E_{ty[\Delta H]}^2};$$

$$E_{6\Delta T} = \sqrt{E_{ОП[\Delta T]}^2 + E_{ty[\Delta T]}^2};$$

$$E_{6W_x} = \sqrt{E_{ОП[\delta W_x]}^2 + E_{ty[W_x]}^2};$$

$$E_{6W_z} = \sqrt{E_{ОП[\delta W_z]}^2 + E_{ty[W_z]}^2};$$

$$E_{ty[\Delta H]} = 0,65 \sqrt{\Delta t_y}; \quad E_{ty[\Delta T]} = 0,7 \sqrt{\Delta t_y};$$

$$E_{ty[W_x]} = E_{ty[W_z]} = 0,85 \sqrt{\Delta t_y};$$

$$\Delta t_y = \Delta t + d / 25 \quad \text{— для визначення } \Delta T, W_x, W_z;$$

$$\Delta t_y = \Delta t + d / 50 \quad \text{— для визначення } \Delta H.$$

Б. На активній ділянці траєкторії (перехресний вплив вітру):

$$E_{X_{мдл}} = 0,001 \cdot D_T^u \times$$

$$\times \sqrt{\left[ (0,1 \cdot \Delta \Pi_{W_{ax}} \cdot E_{W_{ax}})^2 + (0,1 \cdot \Delta \Pi_{W_{az}} \cdot E_{W_{az}})^2 \right]}; \quad (18)$$

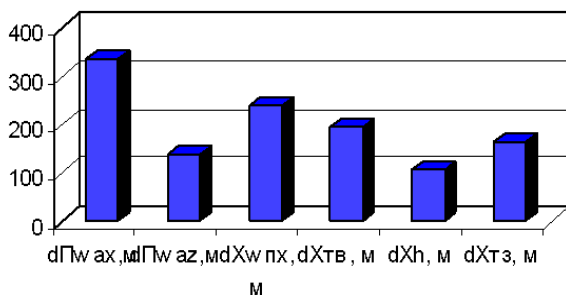
$$E_{Z_{\text{АДГ}}} = 0,001 \cdot D_T^u \times \sqrt{\left[ (0,1 \cdot \Delta Z_{W_{\text{az}}} \cdot E_{W_{\text{az}}})^2 + (0,1 \cdot \Delta Z_{W_{\text{ax}}} \cdot E_{W_{\text{ax}}})^2 \right]}, \quad (19)$$

де  $\Delta X_{W_{\text{ПХ}}}$ ;  $\Delta X_{\text{ТВ}}$ ;  $\Delta X_{\text{ХН}}$ ;  $\Delta \Pi_{W_{\text{ax}}}$ ;  $\Delta \Pi_{W_{\text{az}}}$ ;  $\Delta Z_{W_{\text{ax}}}$ ;  $\Delta Z_{W_{\text{az}}}$  – табличні коефіцієнти похибки, визначаються за допомогою таблиць стрільби.

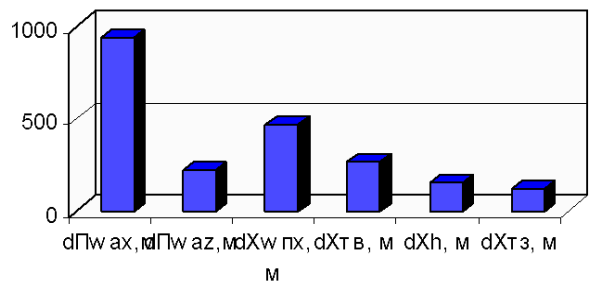
Вага похибок в системі похибок повної підготовки визначаються за залежностями

$$g_{x_i} = \frac{E_{x_i}^2}{E_{X_y}^2}; \quad g_{z_i} = \frac{E_{z_i}^2}{E_{Z_y}^2}, \quad (19)$$

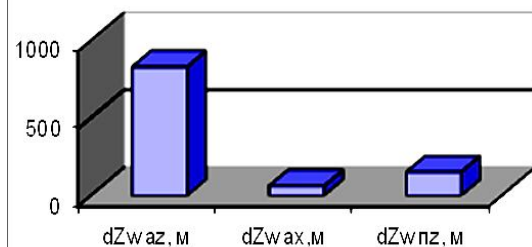
Гістограма 1 - Вага помилок різних факторів в дальності для снаряда М21-ОФ без тормозного кільця в метрах (D=15000м)



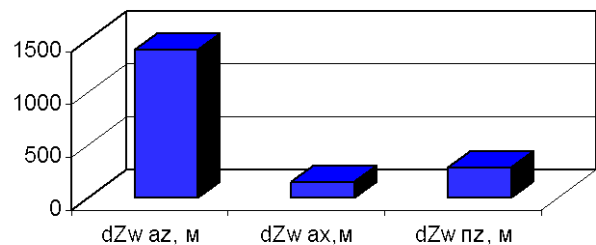
Гістограма 3 - Вага помилок різних факторів в дальності для снаряда М21-ОФ без тормозного кільця в метрах (D=20000м)



Гістограма 2 - Вага помилок різних факторів в напрямку для снаряда М21-ОФ без тормозного кільця в метрах (D=15000м)



Гістограма 4 - Вага помилок різних факторів в напрямку для снаряда М21-ОФ без тормозного кільця в метрах (D=20000м)



## Висновки

1. Запропонована методика в статті може бути закладена в основу для розробки раціональної системи поправок при стрільбі новими розробленими реактивними снарядами [5].

2. Система поправок при стрільбі опереними реактивними снарядами повинна включати поправки дальності на:

- відхилення температури повітря;
- відхилення наземного тиску атмосфери;
- відхилення температури реактивного снаряду;
- повздовжню складову балістичного вітру (ПУТ);
- повздовжню складову балістичного вітру (АУТ);
- бокову складову балістичного вітру (АУТ) (перехресний вплив вітру);

де  $E_{x_i}$ ;  $E_{z_i}$  – середні похибки окремих факторів в дальності та напрямку.

Були проведені розрахунки за запропонованою методикою для снарядів М21-ОФ без гальмівного кільця, з малим гальмівним кільцем та з великим гальмівним кільцем для різних дальностей та побудовані гістограми, що відображають вагу кожного метеорологічного фактора. Як приклад, на гістограмах 1 – 4 наведені результати розрахунків проведених за розробленою методикою для снарядів М21-ОФ без ГК, для дальностей 15000 м та 20000 м. Аналіз свідчить, що «вага» помилок метеорологічних факторів на АДГ складає: в дальності 20 – 30%, в напрямку 50 – 70%.

поправки напрямку на:

- бокову складову балістичного вітру (ПУТ);
- бокову складову балістичного вітру (АУТ)
- на повздовжню складову балістичного вітру АУТ( перехресний вплив вітру).

3. Урахування метеорологічних факторів (особливо вітру) на АДГ як показали розрахунки існуючими засобами призводить до значному зменшенню точності підготовки установок і як результат до зменшення ефективності ураження цілей в середньому на 10 – 15%.

Якщо прийняти умову що

$$E_{\delta W_{\text{ax}}} E_{\delta W_{\text{ax}}} \leq 5\% E_{X_y} \text{ та}$$

$$E_{\delta W_{\text{az}}} \leq 5\% E_{Z_y} \quad [3, 4],$$

то точність знаходження складових балістичного вітру на АДГ повинна бути  $E_{W_{\text{ax}}} = E_{W_{\text{az}}} \leq 1 \text{ м/с}$ .

**Список літератури**

1. Стрельба и управления огнем наземной артиллерии. – М.: Военное издательство 1976. – 541 с.
2. Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии: учебн. – Л.: Издание Военной артиллерийской академии, 1978. – 454 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1964. – 572 с.
4. Червонный А.А. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения / А.А. Червонный. – М.: Издательство ЦНИИ, 1979. – 93 с.
5. Обґрунтування раціональної системи поправок при стрільбі АОС (АОМ) / В.І. Макеев та ін. // Артилерійсько-стрілецьке озброєння. – К., 2010. – 4/2099(33). – С. 42-47.

Надійшла до редколегії 11.04.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА «ВЕСА» ОТДЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОШИБОК  
ПРИ СТРЕЛЬБЕ РЕАКТИВНЫМИ СНАРЯДАМИ**

В.И. Макеев, В.Н. Петренко, В.Е. Житник, В.И. Гридин

*В статье предложено методику расчета «веса» отдельных источников ошибок метеорологических факторов, которые влияют на точность, при стрельбе оперенными реактивными снарядами. Определение «веса» тех, или других факторов в ошибке полной подготовки проводилось на основе расчетов срединных ошибок полной подготовки по дальности и направлению. На основе разработанной методики обоснованы рекомендации по учету основных возмущающих факторов и использования средств приборного оснащения для их осреднения.*

**Ключевые слова:** ошибки подготовки, коэффициент корреляции, вероятность, математическое ожидание, активный участок траектории, пассивный участок траектории, веса ошибок.

**THE METHODOLOGY OF CALCULATING OF THE "WEIGHT" OF DETACHED SOURCES ERRORS  
WHEN IT IS FIRING JET-PROPELLED PROJECTILES**

V.I. Makeev, V.N. Petrenko, V.E. Zhytnyk, V.I. Gridin

*The article considers the method of calculating weights of individual sources errors from meteorological factors which affect to the accuracy when it is firing feathered jet-propelled projectiles. The definition of different factors weights based on the result of calculation middle errors of complete preparation for range and direction. The recommendations for accounting to main of disturbing factors and the use of instrumentation for averaging was based on the developed method.*

**Keywords:** preparation errors, the coefficient of correlation, probability, mathematical expectation, active part of the trajectory, the passive part of the trajectory, weights of errors.