

УДК 623.546

В.І. Макєєв, В.М. Петренко, В.Є. Житник

Сумський державний університет, Суми

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СТРІЛЬБИ АКТИВНО-РЕАКТИВНИМИ СНАРЯДАМИ (МІНАМИ) ЗА ДАНИМИ ВИМІРІВ ПАРАМЕТРІВ АКТИВНОЇ ДІЛЯНКИ ТРАЄКТОРІЇ

*Стаття присвячена способу визначення установок для стрільби на ураження, який полягає в визначенні за допомогою балістичної станції (радіотехнічного комплексу) координат снаряду, його швидкості, кута дотичної до траєкторії та відхилення вектора швидкості в напрямку кінця активної ділянки траєкторії та введенні поправок в дальність і напрямок. Розроблено вимоги до точності визначення параметрів кінця активної ділянки траєкторії на основі аналізу помилок визначення установок для стрільби.*

**Ключеві слова:** визначення установок для стрільби, активно-реактивний снаряд, активна ділянка траєкторії.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Одним з важливіших та необхідніших вимог до успішного застосування як існуючих, так і перспективних ракетно-артилерійських комплексів є питання розробки і вдосконалення способів визначення установок.

Принципові труднощі врахування балістичних та метеорологічних умов стрільби відпадають при переході на визначення установок для стрільби на ураження пристрілкою. Найбільш сучасними методами пристрілки є методи, основані на застосуванні радіолокаційних станцій [1].

Способи визначення координат точок падіння артилерійського снаряда базуються на супроводженні його на низхідній частині траєкторії методом активної радіолокації. Однак низький енергетичний потенціал існуючих радіолокаційних станцій (РЛС) виключає можливість застосування цього способу визначення установок під час стрільби на великі відстані [2, 3].

**Мета статті** – розробка способу визначення установок для стрільби на ураження на основі визначення параметрів кінця активної ділянки траєкторії за допомогою технічних засобів.

#### Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Найбільший вплив на точність стрільби активно-реактивними снарядами (АРС), мінами (АРМ) та реактивними снарядами (РС) виявляє розкидання параметрів кінця активної ділянки траєкторії (АДТ) [4, 5]. В зв'язку з чим, виникає задача оцінювання впливу параметрів кінця АДТ на траєкторію польоту снарядів (мін).

Сутність запропонованого способу визначення установок для стрільби на ураження АРС (АРМ, РС)

полягає в визначенні за допомогою балістичної станції (радіотехнічного комплексу) координат снаряда  $x_k, y_k, z_k$ , його швидкості  $V_k$ , кута дотичної до траєкторії  $\Theta_k$  та відхилення вектора швидкості в напрямку  $\Psi_k$  у кінці АДТ, введенні поправок на відхилення вимірних величин від їх табличних значень  $(x_{кт}, y_{кт}, z_{кт}, V_{кт}, \Theta_{кт}, \Psi_{кт})$ .

Процес визначення установок в цьому випадку можна розділити на три етапи.

Перший етап включає заходи визначення координат цілі, вогневої позиції та позиції станції, даних про метеорологічні, геодезичні та технічні умови стрільби.

Зміст другого етапу складає визначення врахування даних, які виконуються за такою схемою:

– за координатами цілі та вогневої позиції розраховують топографічні дані  $(D_T^H, \partial_T^H, \Delta h_{ц})$  у звичайному порядку;

– на основі даних про метеорологічні та геофізичні умови стрільби за допомогою Таблиць стрільби розраховують поправки на відхилення метеорологічних умов стрільби від табличних у дальності  $\Delta D_{мп}$  та напрямку  $\Delta \partial_{мп}$ , а також поправки в дальності  $\Delta D_{г.ф.п}$  та напрямку  $\Delta \partial_{г.ф.п}$  на геофізичні умови стрільби. Дані поправки розраховують для другої пасивної ділянки траєкторії (ПДТ). Розрахункові залежності мають вигляд:

$$\Delta D_{мп} = \frac{\partial X}{\partial W_{хп}} W_{хп} + \frac{\partial X}{\partial \tau_{бп}} \Delta \tau_{бп} + \frac{\partial X}{\partial h_{п}} \Delta h_{п}; \quad (1)$$

$$\Delta \partial_{мп} = \frac{\partial Z}{\partial W_{зп}} W_{зп}, \quad (2)$$

де  $(\frac{\partial X}{\partial \alpha_i})_п, (\frac{\partial Z}{\partial \beta_j})_п$  – поправочні коефіцієнти в дальності та напрямку на одиничну зміну відповідного і-

го (j-го) метеорологічного фактора, розраховані для другої ПДТ;  $\alpha_{ip}, \beta_{jp}$  – відхилення відповідного i-го (j-го) метеорологічного фактора від табличного значення.

Поправочні коефіцієнти для розрахунку за залежностями (1), (2) повинні бути в Таблицях стрільби окремими графами для другої ПДТ.

Для визначення величини  $\Delta D_{Mп}$  та  $\Delta \delta_{Mп}$  може бути заздалегідь побудований графік розрахованих поправок;

– за даними вимірювань  $x_{KT}, y_{KT}, z_{KT}, V_{KT}, \Theta_{KT}, \Psi_{KT}$  за допомогою технічних засобів розраховують поправки на відхилення умов стрільби від табличних для першої пасивної і активної ділянок траєкторії у дальності  $\Delta D_a$  та в напрямку  $\Delta \delta_a$  за залежностями:

$$\Delta D_a = \Delta x_k + \frac{\partial x}{\partial y_k} \Delta y_k + \frac{\partial x}{\partial V_k} \Delta V_k + \frac{\partial x}{\partial \Theta_k} \Delta \Theta_k;$$

$$\Delta \delta_a = \Delta z_k + \frac{\partial z}{\partial \Psi_k} \Delta \Psi_k,$$

де  $\frac{\partial x}{\partial \alpha_i}, (\frac{\partial z}{\partial \beta_j})$  – поправочні коефіцієнти в дальності

та напрямку на одиничну зміну відповідного i-го (j-го) параметра траєкторії розраховані для точки «к» (рис. 1);  $\Delta \alpha_i, (\Delta \beta_j)$  – відхилення відповідного

i-го (j-го) параметра траєкторії від їх табличного значення ( $\Delta \alpha_i = \alpha_i - \alpha_{it}, \Delta \beta_j = \beta_j - \beta_{jt}$ ).

Значення параметрів траєкторії та коефіцієнтів чутливості, розраховані методом чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь [6] для АРС 203-мм самохідної пушки (СП) 2С7 наведені у табл. 1.

Таблиці даного виду повинні бути розраховані для відповідного зразку снаряда (міни).

Вирахувані дані ( $D_B^u, \delta_B^u$ ) визначаються за залежностями:

$$D_B^u = D_T^u + \Delta D_a + \Delta D_{Mп} + \Delta D_{Гф};$$

$$\delta_B^u = \delta_T^u + \Delta \delta_a + \Delta \delta_{Mп} + \Delta \delta_{Гф}.$$

На третьому етапі визначають вирахувані установки (установки прицілу, рівня та кутоміра).

Таким чином, під час визначення коректури за допомогою технічних засобів будуть мати місце помилки внаслідок:

- помилок у положенні цілі  $X_{ц}, Y_{ц}, h_{ц}$ ;
- помилки топогеодезичної прив'язки (помилки у положенні вогневої позиції і орієнтування гармати)  $X_{ВП}, Y_{ВП}, h_{ВП}, z_{ор гар}$ ;
- помилки метеорологічної підготовки другої ПДТ  $X_{Mп}, Z_{Mп}$ ;

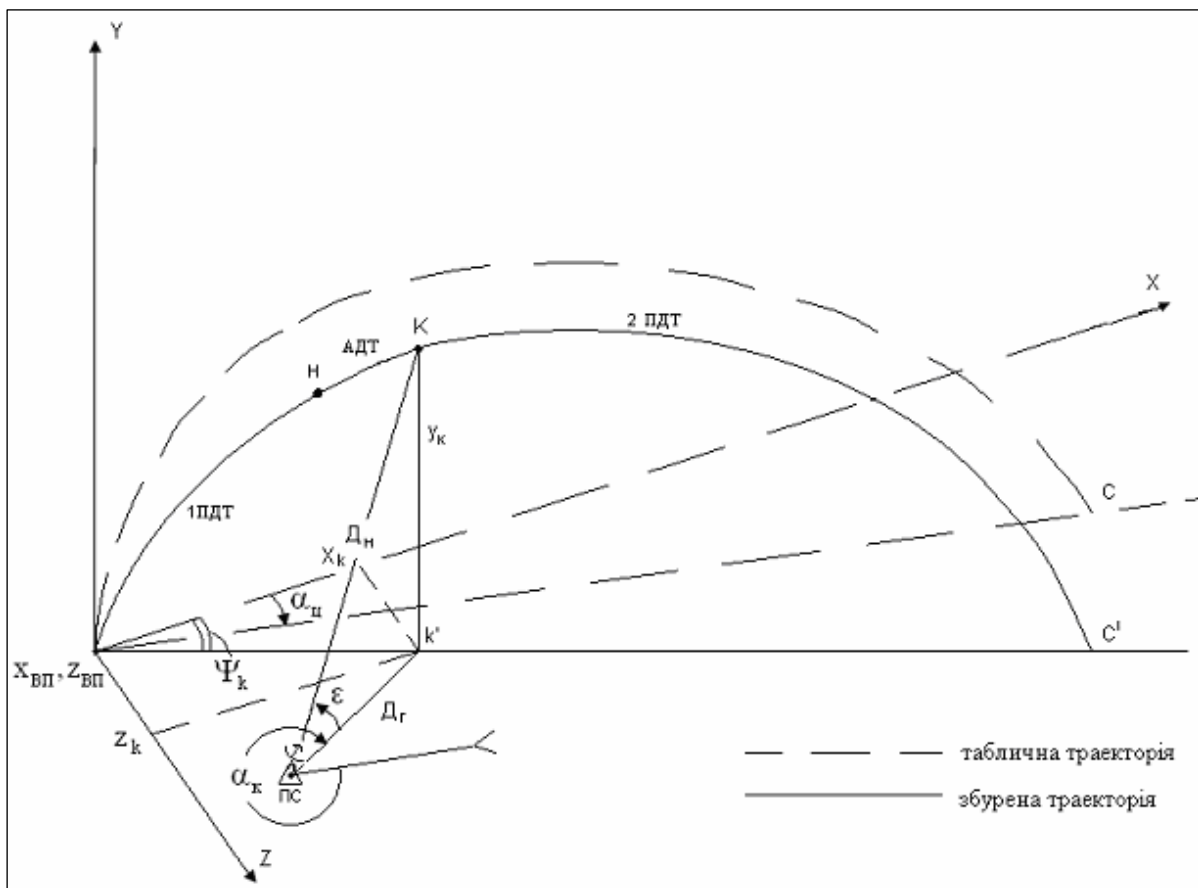


Рис. 1. Схема визначення параметрів кінця АДТ за допомогою технічних засобів

Таблиця 1

Значення параметрів траєкторії і коефіцієнтів чутливості для 203-мм АРС СП 2С7

$\Theta_0$ , град	20	24	28	32	36	40	44	48	50	52	54	55	56	57
$X_{KT}$ , м	9858,9	9686,0	9410,0	9081,5	8702,1	8273,7	7798,2	7277,8	7001,8	6715,4	6419,3	6267,8	6114,2	5957,8
$Y_{KT}$ , м	2969,8	3496,8	4185,3	4852,4	5499,8	6119,9	6709,2	7263,6	7526,6	7779,6	8022,1	8139,3	8253,7	8365,5
$V_{KT}$ , м/с	730,3	732,2	735,4	736,1	737,4	738,3	738,9	739,2	739,2	739,2	739,1	739,1	739,0	738,9
$\Theta_{KT}$ , тис	184	237	308	380	453	527	601	676	714	752	791	810	829	848
$\Psi_{KT}$ , тис	6,1	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0
$\frac{\partial X}{\partial Y_k}$ , м/м	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
$\frac{\partial X}{\partial V_k}$ , м/м/с	21	25	29	55	62	71	80	89	92	96	98	97	99	116
$\frac{\partial X}{\partial \Theta_k}$ , м/тис	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5,5	5,3	5,0	4,8	4,5
$Z_{KT}$ , м	17,0	17,2	17,4	17,6	17,9	18,3	18,6	19,2	19,9	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9

- помилки врахування геофізичних умов стрільби другої ПДТ  $X_{гф}$ ,  $Z_{гф}$ ;
- помилки врахування умов стрільби першої ПДТ та АДТ  $X_a$ ,  $Z_a$ ;
- помилки топогеодезичної прив'язки позиції технічного засобу (помилки у положенні позиції технічного засобу та його орієнтування)  $X_{пс}$ ,  $Z_{пс}$ ,  $Z_{орс}$ ;
- помилки таблиць стрільби  $X_{тс}$ ,  $Z_{тс}$ ;
- помилки технічної підготовки  $X_{тех}$ ,  $Z_{тех}$ ;
- помилки способу розрахунку установок  $X_{ср}$ ,  $Z_{ср}$ .

Загальні помилки, які характеризують точність визначення установок за даними вимірювання параметрів АДТ за допомогою радіотехнічних засобів, можна визначити за залежностями:

$$E_{xy}^2 = E_{x_{ц}}^2 + E_{x_{вп}}^2 + E_{x_{мп}}^2 + E_{x_{гф}}^2 + E_{x_a}^2 + E_{x_{пс}}^2 + E_{x_{тс}}^2 + E_{x_{тех}}^2 + E_{x_{ср}}^2;$$

$$E_{zy}^2 = E_{z_{ц}}^2 + E_{z_{вп}}^2 + E_{z_{мп}}^2 + E_{z_{гф}}^2 + E_{z_a}^2 + E_{z_{пс}}^2 + E_{z_{орс}}^2 + E_{z_{тех}}^2 + E_{z_{тс}}^2 + E_{z_{ср}}^2,$$

де  $E_{\alpha_i}$ ,  $(E_{z_{b_j}})$  – серединні похибки дальності та напрямку внаслідок помилок визначення відповідного і-го (j-го) фактора.

Серединні похибки у дальності і напрямку внаслідок врахування умов стрільби першої ПДТ і АДТ визначаються за залежностями:

$$E_{x_a}^2 = E_{x_k}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial y_k}\right)^2 E_{y_k}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial v_k}\right)^2 E_{v_k}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial \theta_k}\right)^2 E_{\theta_k}^2; (3)$$

$$E_{z_a}^2 = E_{z_k}^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial \psi_k}\right)^2 E_{\Delta\psi_k}^2, (4)$$

де  $E_{\alpha_i}$ ,  $E_{b_j}$  – серединні похибки визначення відповідного і-го (j-го) параметра траєкторії у дальності і напрямку за допомогою технічних засобів.

Визначимо допустиму похибку врахування умов стрільби першої ПДТ і АДТ  $E_{x_{адоп}}$ ,  $E_{z_{адоп}}$  під час визначення установок за даними вимірювань параметрів кінця АДТ за допомогою технічних засобів. Під час визначення будемо виходити з умови, що сумарна серединна похибка визначення установок даним методом відповідає найвигіднішому способу обстрілу цілі і одночасно забезпечує потрібний рівень показника ефективності [7] (витрата боєприпасів відповідає даним „Правил стрільби і управління вогнем” [1]).

Таблиця 2

Допустима похибка врахування умов стрільби першої ПДТ і АДТ

Тип снаряду	$\Theta_0$ , град	$E_{x_{адоп}}$ , м	$E_{z_{адоп}}$ , м
152-мм АРС для СГ 2С5	20	35	6
	35	49	8
	50	60	10
203-мм АРС для СП 2С7	20	40	9
	35	78	10
	50	107	11

Розрахунок  $E_{x_{\text{адоп}}}$ ,  $E_{z_{\text{адоп}}}$  проведемо за залежностями (3), (4). Результати розрахунків під час стрільби артилерійським дивізіоном активно-реактивними снарядами по цілі „Центр управління бойовими діями командного пункту армійського корпусу“ (ЦУБД КП АК) наведені у табл. 2.

Аналіз результатів (табл. 2) показує, що сумарна середня похибка визначення параметрів кінця АДТ під час стрільби дивізіоном АРС у дальності не повинна перевищувати 35...107 м, у напрямку 6...11 м.

### ВИСНОВКИ

Таким чином, у даній статті запропоновано спосіб визначення установок для стрільби на ураження АРС (АРМ, РС), який полягає в визначенні за допомогою балістичної станції (радіотехнічного комплексу) координат снаряда його швидкості, кута дотичної до траєкторії та відхилення вектора швидкості в напрямку в кінці АДТ та введенні поправок на відхилення вимірних величин від їх табличних значень.

Напрямок подальших досліджень є оцінювання можливості технічних засобів по визначенню параметрів кінця АДТ під час стрільби АРС (АРМ) і РС виходячи із отриманих значень  $E_{x_{\text{адоп}}}$ ,  $E_{z_{\text{адоп}}}$ .

### Список літератури

1. Правила стрільби і управління вогнем артилерії (група, дивізіон, батарея, взвод, гармата). – К.: Видавництво «Варта», 1995. – 104 с.
2. Ульянов Г.Н. Исследование некоторых вопросов вторичной обработки информации многоцелевой радиолокационной станции разведки и контроля стрельбы ЕОМ / Г.Н. Ульянов. – Л.: ВАА, 1971. – 240 с.
3. Ульянов Г.Н. К вопросу сравнительной оценки экстраполяционных методов / Г.Н. Ульянов // Журнал „Вопросы специальной радиотехники“ Серия: Радиоэлектронная техника. – М., 1980. – Вып. 15. – 78 с.
4. Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов / И.Ф. Равдин. – М.: МО СССР, 1973. – 184 с.
5. Внешняя и внутренняя баллистика активно-реактивных снарядов / В.Б. Орлов и др. – М.: Издательство ЦНИИ информации, 1978. – 134 с.
6. Makeev V.I. Совершенствование методов и средств баллистической подготовки активно-реактивных снарядов и мин: дисс... канд. техн. наук. / В.И. Makeev. – Л.: ВАА, 1983. – 237 с.
7. Фендриков Н.М. Методы расчета боевой эффективности вооружения / Н.М. Фендриков, В.И. Яковлев. – М.: Воениздат, 1971 – 174 с.

Надійшла до редколегії 19.03.2009

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. О.С. Кузема, Національний аграрний університет, Суми.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СТРЕЛЬБЫ АКТИВНО-РЕАКТИВНЫМИ СНАРЯДАМИ (МИНАМИ) ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНОГО УЧАСТКА ТРАЕКТОРИИ

В.И. Makeev, В.Н. Петренко, В.Е. Житник

Статья посвящена способу определения установок для стрельбы на поражение, который заключается в определении при помощи баллистической станции (радиотехнического комплекса) координат снаряда, его скорости, угла касательной к траектории и отклонение вектора скорости в направлении конца активного участка траектории и введение поправок в дальность и направление. Разработаны требования к точности определения параметров конца активного участка траектории на основе анализа ошибок определения установок для стрельбы.

**Ключевые слова:** определение установок для стрельбы, активно-реактивный снаряд, активный участок траектории.

### RESERCH OF INSTALLATIONS DEFINITION FOR GUNFIRE BY ACTIVE SHELL (MINE) AND ADJECTIVES PARAMETER OF THE END ACTIVE PLOT OF TRAJECTORY

V.I. Makeev, V.N. Petrenko, V.E. Zhitnik

Article devote to adjectives installations for gunfire which consist adjectives by ballistic station (radio-TV complex) position data of shell, its speed, slope of tangent, deviation of velocity vector in boost path direction and introduction correction data in distance and direction. Cultivate demand to accuracy of adjectives parameter of the end of active plot of trajectory on the foundation mistakes analysis adjectives installations for gunfire.

**Keywords:** installations definition for gunfire, active shell, active plot of trajectory.