

УДК 623.644

С.М. Свідерок, Ю.В. Шабатура, А.О. Прокопенко

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МЕТОД КОРЕГУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ ВІДПОВІДНО ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ ДО ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ДЛЯ СТРІЛЬБИ

На основі аналізу досвіду застосування артилерійських підрозділів в АТО та аналізу системи похибок за дальністю і напрямком стрільби артилерійських систем запропоновано спосіб зменшення серединних похибок підготовки установок для стрільби. Реалізація такого підходу корегування вогню артилерійських систем дозволить зменшити час виконання вогневих завдань та витрату боєприпасів.

Ключові слова: відхилення умов стрільби від табличних, снаряд-індикатор, серединні похибки підготовки установок, точність вогню.

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді та аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз застосування артилерійських підрозділів за досвідом АТО показує, що близько 80% всіх завдань виконується без пристрілювання. Командири артилерійських підрозділів приділяють максимальну увагу повному виконанню вимог підготовки стрільби і управління вогнем, які б відповідали вимогам повної підготовки. Водночас відсутність балістичних станцій та гарантованого отримання метеосереднього в визначений час приводить до того, що підготовки даних для стрільби здійснюється, в кращому випадку, за скороченою програмою, що знижує точність стрільби. Досвід бойових дій [1, 2] показує, що лише пристрілювання цілі є найбільш точним способом визначення стрільбою установок для ураження цілі. Разом з тим потрібно відзначити, що значна тривалість пристрілювання може знизити ефективність стрільби на ураження таких цілей, як жива сила, яка за час пристрілювання може підвищити ступінь своєї захищеності. А ураження маневрених цілей в такому випадку взагалі стає неможливим. Аналіз виконання вогневих завдань артилерійськими підрозділами з пристрілюванням під час АТО висвітлює ще й іншу проблему: у зв'язку з відсутністю засобів, які можуть обслужити стрільбу по цілях на великі відстані в складних умовах бойової обстановки, доводиться використовувати пристрілювання по спостереженню знаків розривів та спряженим спостереженням. Таким чином, проведений аналіз свідчить, що в загальній проблемі підвищення точності стрільби артилерійських систем завдання підготовки даних для стрільби мають важливе значення.

З технічних засобів розвідки та обслуговування стрільби артилерійських підрозділів сьогодні найчастіше використовуються звукометричні комплекси, іноді застосовуються дистанційно керовані літальні

апарати, однак їх використання має епізодичний характер. Саме тому розроблення і застосування нових методів пристрілювання сьогодні є як ніколи актуальною і важливою задачею

Метою статті є розроблення нового методу корегування вогню артилерійських систем на основі аналізу сучасних вимог до підготовки даних для стрільби.

Виклад основного матеріалу

Згідно з усіма настановами для підвищення точності стрільби артилерійські командири приділяють велику увагу щодо врахування метеорологічних та балістичних відхилень від табличних. Разом з тим навіть їх повне і точне виконання не гарантує влучення снаряда (міни) в ціль. Як відомо [3, 4, 5, 7], результируюча точність повної підготовки характеризується значеннями серединних помилок E_d (за дальністю) та E_n (за напрямком), які визначаються за формулами:

$$E_d = \sqrt{E_{d_{\text{Ц}}}^2 + E_{d_{\text{ТОП}}}^2 + E_{d_{\text{о}}}^2 + E_{d_{\text{м}}}^2 + E_{d_{\text{ТЕХ}}}^2 + E_{d_{\text{ср}}}^2 + E_{d_{\text{ТС}}}^2} ; (1)$$

$$E_n = \sqrt{E_{n_{\text{Ц}}}^2 + E_{n_{\text{ТОП}}}^2 + E_{n_{\text{м}}}^2 + E_{n_{\text{ТЕХ}}}^2 + E_{n_{\text{ср}}}^2 + E_{n_{\text{ТС}}}^2} , (2)$$

де $E_{d_{\text{Ц}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок визначення координат та висоти цілі;

$E_{d_{\text{ТОП}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок топогеодезичної підготовки (визначення координат та висоти вогневої позиції);

$E_{d_{\text{о}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок балістичної підготовки (визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів та температури зарядів);

$E_{d_{\text{м}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок метеорологічної підготовки (визначення поздовжньої складової балістичного вітру, відхилення наземного тиску атмосфери та балістичного відхилення температури повітря);

$E_{\delta_{\text{тех}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок технічної підготовки;

$E_{\delta_{\text{ср}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок способу розрахунку установок для стрільби;

$E_{\delta_{\text{тс}}}$ – компонента серединної помилки за дальністю внаслідок помилок Таблиць стрільби;

$E_{n_{\text{ц}}}$ – компонента серединної помилки за напрямком внаслідок помилок визначення координат цілі;

$E_{n_{\text{топ}}}$ – компонента серединної помилки за напрямком внаслідок помилок топогеодезичної підготовки;

$E_{n_{\text{м}}}$ – компонента серединної помилки за напрямком внаслідок помилок метеорологічної підготовки (визначення бокової складової балістичного вітру);

$E_{n_{\text{тех}}}$ – компонента серединної помилки за напрямком внаслідок помилок технічної підготовки;

$E_{n_{\text{ср}}}$ – компонента серединної помилки за напрямком внаслідок помилок способу розрахунку установок;

$E_{n_{\text{тс}}}$ – компонента серединної помилки за напрямком внаслідок помилок Таблиць стрільби.

Серединні помилки для повної підготовки відповідно складають:

- для гармат за дальністю 0,7-0,9% $D_{\text{цт}}$ та за напрямком 0-03 – 0-05 пк.;

- для мінометів за дальністю 0,8-1,8% $D_{\text{цт}}$ та за напрямком 0-05 – 0-10 пк.

Досвід бойових дій показує, що сучасний стан приладів для визначення відхилень балістичних умов стрільби не відповідає вимогам, і тому на практиці в кращому випадку враховується визначення відхилень температури зарядів від табличної [4]. Саме тому дійсні відхилення будуть ще більшими. Відповідно збільшення серединних помилок призводить до збільшення витрати снарядів, збільшення часу знаходження артилерійських підрозділів на вогневій позиції та катастрофічного зниження ефективності виконання вогневого завдання.

Таким чином, єдиним можливим способом зменшення загальної величини помилок в реальних умовах залишається тільки шлях проведення пристрілювання. Розглянемо більш детально відомі способи пристрілювання.

Пристрілювання за допомогою далекоміра.

Серединна помилка пристрілювання цілі за дальністю може бути розрахована за формулою

$$R\delta = \sqrt{\frac{E_{\delta_{\text{зц}}}^2}{n_{\text{ц}}} + \frac{E_{\delta_{\text{зр}}}^2 + B\delta^2}{n_{\text{р}}}}, \quad (3)$$

де $E_{\delta_{\text{зц}}}$ ($E_{\delta_{\text{зр}}}$) – серединні помилки, що характеризують помилки визначення дальності до цілі (розриву), які не повторюються;

$n_{\text{ц}}$ ($n_{\text{р}}$) – кількість засічок цілі (засічених розривів у групі).

При пристрілюванні цілі за допомогою спряженого спостереження основні джерела помилок залишаються тими ж, що і при пристрілюванні з далекоміром.

Серединна помилка пристрілювання у цьому випадку може бути визначена за формулою:

$$R\delta = \sqrt{\frac{E_{\delta_{\text{зц}}}^2}{n_{\text{ц}}} + \frac{E_{\delta_{\text{зр}}}^2 + B\delta^2}{n_{\text{р}}}}, \quad (4)$$

де $E_{\delta_{\text{зц}}} = E_{\delta_{\text{зр}}} = \frac{E_{\delta} D_{\text{з}} \sqrt{2}}{\gamma}$,

E_{δ} – серединна кутова помилка засічки цілі (розриву), под. кут.;

$D_{\text{з}}$ – дальність засічки, м;

γ – кут засічки, под. кут.

Пристрілювання за допомогою застосування підрозділу звукової розвідки (ПЗР).

Серединна кутова помилка засічки цілі (розриву) при роботі ПЗР з характеристикою «точно» складає 0-02 пк., а з характеристикою «наближено» – 0-10...0-20 пк. Серединні помилки визначення координат цілі (розриву) у цих випадках складають 0,8 та 1,5-2% $D_{\text{з}}$ відповідно. Серединні помилки пристрілювання за дальністю за допомогою ПЗР можуть бути визначені за формулою [6, 7] (якщо координати цілі визначалися тим же ПЗР)

$$R\delta = \sqrt{\frac{E_{\delta_{\text{зц}}}^2}{n_{\text{ц}}} + \frac{E_{\delta_{\text{зр}}}^2 + (E_{\delta V_0} \Delta X_{V_0})^2 + (E_{\phi_n} \Delta X_{\text{тис}})^2 + B\delta^2}{n_{\text{р}}}}, \quad (5)$$

де $E_{\delta_{\text{зц}}}$ ($E_{\delta_{\text{зр}}}$) – серединна помилка засічки цілі (розриву) ПЗР за дальністю внаслідок різниці часу проходження звуку до постів тієї самої акустичної бази, м;

$E_{\delta V_0}$ – серединна помилка визначення різницею гармат батареї відносно, % V_0 ;

ΔX_{V_0} – таблична поправка дальності на відхилення початкової швидкості снарядів на 1%, м;

E_{ϕ_n} – серединна помилка перевірки прицільних пристроїв гармати за дальністю, под. кут.;

$\Delta X_{\text{тис}}$ – табличне значення зміни дальності стрільби при зміні установки прицілу на 1 тис., м;

$B\delta$ – середина помилка розсіювання снарядів за дальністю, м;

$n_{\text{ц}}(n_{\text{р}})$ – кількість засічок цілі (засічених у батарейній черзі розривів), за якими визначаються її координати (коректури);

$E_{\delta_{\text{ц}}}$ – серединна помилка визначення координат цілі, що пристрілюється, м;

$E_{\delta_{\text{ТПП}}}^{\text{нзр}}$ – серединна помилка топогеодезичної прив'язки позиції ПЗР.

Серединна помилка пристрілювання за дальністю за допомогою РЛС типу АРК у сприятливих умовах,

коли координати цілі визначені цією ж станцією, може бути розрахована за формулою

$$R\delta = \sqrt{\frac{E\delta_{3u}^2}{n_u} + \frac{E\delta_{3c}^2 + B\delta^2}{n_c}}, \quad (6)$$

де n_c – кількість засічених станцією снарядів;
 $E\delta_{3c}$ – серединна помилка засічки снаряда станцією;

$B\delta$ – серединне відхилення, яке характеризує розсіювання снарядів за дальністю.

Серединні помилки засічки у режимах розвідки цілі і обслуговування стрільби приймають такими, що дорівнюють:

за мінометами – $E\delta_{3u} = 20$ м; $E\delta_{3c} = 40$ м;

за гаубицями – $E\delta_{3u} = 30$ м; $E\delta_{3c} = 45$ м.

Серединна помилка пристрілювання за дальністю за допомогою РЛС типу СНАР може бути розрахована за наступною формулою (для випадку, коли координати цілі визначені цією ж станцією)

$$R\delta = \sqrt{\frac{E\delta_{3u}^2}{n_u} + \frac{E\delta_{3p}^2 + B\delta^2}{n_p}} \quad (7)$$

Серединні помилки засічки цілі та розривів приймають такими, що дорівнюють $E\delta_{3c} = E\delta_{3p} = 10$ м.

Недоліками всіх розглянутих способів пристрілювання є:

збільшення часу виконання вогневого завдання;
 залучення для пристрілювання спеціальних технічних засобів.

Значною мірою вирішити визначені проблеми зможе новий метод, який базується на використанні для пристрілювання цілей спеціальних боеприпасів – снарядів-індикаторів. Суть методу полягає в тому, що пристрілювальний постріл виконується спеціальним боеприпасом, снарядом, який за формою, масою та усіма балістичними характеристиками є ідентичним штатному. Єдина відмінність даного снаряда від штатного полягає в тому, що він на кінцевій ділянці польоту випромінює спеціальний радіосигнал, який приймається в не менше як трьох рознесених антенних системах. Для зменшення матеріальних витрат необхідно розробити тільки модифікований підрильник, який за своїми балістичними характеристиками повинен відповідати підрильникам типу РГМ-2 або В-429. Використання снаряда-індикатора можливо з спеціальним комплексом пристрілювання, який включає:

боеприпаси з снарядом, спорядженим підрильником - індикатором;

приймальну систему радіосигналу;

обчислювальну систему;

програмне забезпечення;

системи живлення і комутації.

Практична реалізація даного методу можлива на основі використання класичної радіопеленгації.

Схематичне зображення, яке пояснює роботу за даним методом, наведено на рис. 1.

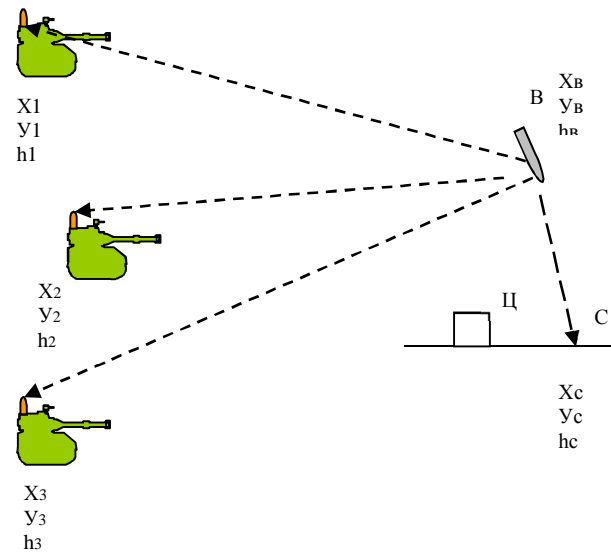


Рис. 1. Схема радіопеленгації з визначенням координат снаряда-індикатора

На рисунку використані наступні позначення: В – снаряд-індикатор; Ц – ціль; С – точка падіння снаряда. Позначками X, Y, h визначаються координати радіоприймальних антен, снаряда і точки його падіння.

Підрильник-індикатор призначений для подачі сигналу від снаряда на визначеній висоті, детонування снаряда під час зустрічі з перепоною та можливості підриву снаряда на найвигідніший висоті.

Приймальна система повинна забезпечувати отримання сигналу від снаряда-індикатора та передачу його в обчислювальну систему.

Обчислювальна система, в свою чергу, обробляє сигнали від приймальної системи, і розраховує координати місця знаходження снаряда-індикатора, добуває траєкторію снаряда, визначає точні координати точки падіння снаряда та розраховує поправки для всіх гармат батареї, які виконують вогневі завдання, під час розташування на вогневій позиції погарматно.

Практичне створення і функціонування технічного забезпечення запропонованого методу буде базуватися на використанні принципу визначення місцеположення снаряда-маяка за допомогою методу радіотриангуляції. Для цього методу достатньо мати три рознесені радіоприймальні частини, відстань між якими буде чітко відомою, при цьому антенні системи приймачів повинні мати чітко локалізовані діаграми направленості, що дозволяє отримувати достатньо точний пеленг. Зауважимо, що власне інформацію про пеленги прийнятого сигналу можна отримувати на основі аналізу амплітуди прийнятих сигналів (амплітудний метод), фазового зсуву сигналів (фазовий метод),

комбінованого амплітудно-фазового методу, а також частотного методу, який можна задіяти за умови застосування частотної модуляції сигналу. Причому комбінація останнього методу з амплітудним дозволяє підвищити точність і роздільну здатність за кутковими координатами.

Залежність напруги прийнятого антеною сигналу від напрямку його приходу, який визначається кутами α і β в горизонтальній і вертикальній площинах, можна представити виразом:

$$U(t - \tau, \alpha, \beta) = R_e U_m(t - \tau, \alpha, \beta) \cdot \text{EXP}\{-j[2\pi f](t - \tau) + \varphi(t - \tau)\} \quad (8)$$

При використанні функцій діаграм направленості антен напруга сигналу буде описана виразом:

$$U(t - \tau, \alpha, \beta) = R_e U_{m_0}(t - \tau) G(\alpha) G(\beta) \text{EXP}\{-[2\pi f](t - \tau) + \varphi(t - \tau)\} \quad (9)$$

де $t - \tau$ – час затримки пропорційній відстані від джерела до антени, $j(t - \tau)$ – фаза сигналу, $G(\alpha) G(\beta)$ – функції, що описують діаграму направленості антени в горизонтальній і вертикальній площинах.

Введення третьої радіоприймальної частини і відповідне сумісне вирішення двох радіотріангуляційних задач дозволяє повністю вирішити задачу визначення траєкторії польоту снаряда-індикатора в тривимірній декартовій системі координат. Однак така задача є досить трудомісткою, а тому для її вирішення в реальному масштабі часу необхідно мати потужні обчислювальні засоби, які відповідно вимагають підвищення енергоресурсів і т.п.

Для уникнення зазначених недоліків пропонується вносити в радіосигнал підричника-маяка кодову інформацію, яка міститиме мітки часу, що будуть синхронізовані з приймальною частиною в момент вильоту снаряда з каналу ствола. Це дозволить дуже легко визначити відстань до снаряда-індикатора за розрахованим часом запізнення сигналу. Таким чином, для визначення просторового положення снаряда-індикатора при відомій відстані до нього достатньо буде визначити лише один, якомога точніший, пеленг на нього. Тобто уся радіоприймальна система може бути зосереджена в одному місці і працювати на основі використання однієї вузьконаправленої антени.

Програмне забезпечення даної системи повинно забезпечувати виконання пристрілювання снарядом-індикатором будь-якою артилерійською системою і перерахунок коректур для будь-якої іншої артилерійської системи, яка знаходиться в однакових метеорологічних умовах.

Крім того, сьогодні дуже гостро стоїть питання випробування новітніх боєприпасів для артилерійських і ракетних систем. Дальність, яка заявляється розробниками, як правило, перевищує можливість полігонів, а

використання морських полігонів проблематичне, оскільки на таких полігонах важко точно визначати місця падіння снарядів. В таких випадках використання снаряда-індикатора допоможе визначити місце падіння з відповідною точністю та на відповідні дальності.

У перспективі передбачається створення компактної портативної системи, яка забезпечуватиме повний розрахунок і передачу даних артилерійським підрозділам протягом інтервалу часу в межах 10 – 15 секунд.

Висновки

Проведений в даній роботі аналіз технічного забезпечення підготовки даних для стрільби артилерії, а також узагальнення досвіду бойових дій показали, що, по суті, єдиним практично дієвим методом забезпечення необхідної точності стрільби для ураження цілей є метод пристрілювання цілей. Однак цей метод має ряд суттєвих недоліків.

У роботі запропонований принципово новий метод корегування вогню артилерії, який дозволяє отримати усі необхідні дані для завдання вогневого ураження артилерійськими підрозділами лише на основі інформації, отриманої від одного пристрілювального пострілу.

Список літератури

1. Аналіз досвіду застосування підрозділів РВіА в АТО. в/ч А4558. м. Чернігів, серпень 2015. – 4 с.
2. Методичні рекомендації за досвідом застосування артилерійських підрозділів під час виконання завдань в АТО. Командування СВ ЗС України, РВіА. м. Київ, 2016. – 54 с.
3. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии / [Под ред. Круковского А.С.]. – М.: Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.
4. 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.
5. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии / [Под ред. Волобуева В.И.] – М.: Воениздат, 1987. – 376 с.
6. Червонный А.А. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения / А.А. Червонный. – М.: Воениздат, 1979. – 93 с.
7. Рябоконт В.М. Посібник з вивчення правил стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата: Навчальний посібник. / [В.М. Рябоконт, П.Й. Руденко, П.В. Полениця, Ю.Г. Філіпенко]. – Львів, 2009. – С. 69–123.

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

МЕТОД КОРРЕКТИРОВАНИЯ ОГНЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ПОДГОТОВКЕ ДАННЫХ ДЛЯ СТРЕЛЬБЫ

С.М. Свідерок, Ю.В. Шабатура, А.О. Прокопенко

На основе анализа опыта применения артиллерийских подразделений в АТО и анализа системы ошибок по дальности и направлению стрельбы артиллерийских систем предложен способ уменьшения средних ошибок подготовки установок для стрельбы. Реализация такого подхода корректировки огня артиллерийских систем позволит уменьшить время выполнения огневых задач и расход боеприпасов.

Ключевые слова: отклонение условий стрельбы от табличных, снаряд-индикатор, срединные ошибки подготовки установок, точность огня.

TECHNIQUE OF THE FIRE CORRECTION OF ARTILLERY SYSTEMS ACCORDING TO MODERN REQUIREMENTS TO THE DATA PREPARATION FOR SHOOTING

S. Sviderok, U. Shabatura, A. Prokopenko

On the basis of failure analysis of field artillery units performance in the Anti-Terrorist Operation (ATO), and the examination of errors in range and direction of fire, methods and means of reducing average errors in entering and correcting firing data were presented in the article. As research results have proven, the adoption of such approach in artillery fire adjustment, will optimize the time of realization of combat tasks and significantly reduce ammunition loss.

Key words: tabular firing tables deviation (also circular error probable (CEP) deviation), shell fuse indicator, median error of firing data, fire adjustment, accuracy of fire.

УДК 355.45

І.А. Таран

Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДАРІВ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО АЛГОРИТМУ

У роботі запропоновано використання мультиагентного алгоритму для визначення напрямків ударів повітряного противника. Алгоритм дозволяє аналізувати повний простір можливих рішень, при цьому має високу швидкодію і може бути застосований при оцінці повітряного противника командиром угруповання протиповітряної оборони. Результати застосування алгоритму можуть бути використані при оцінці ефективності існуючої структури системи протиповітряної оборони, при визначенні слабких місць системи протиповітряної оборони та заходів щодо її нарощування.

Ключові слова: мультиагентний алгоритм, штучний інтелект, оптимізація, маршрут польоту, система протиповітряної оборони, засіб повітряного нападу, об'єкт удару.

Вступ

Постановка проблеми. Якість рішення, що приймає командир угруповання (частини, підрозділу) протиповітряної оборони (ШПО) (далі – угруповання ШПО), значною мірою залежить від правильності оцінки обстановки. При оцінці повітряного противника (далі – противника) необхідно проаналізувати велику кількість можливих напрямків його ударів з визначенням найбільш ймовірних, що в умовах обмеженого часу приводить до зниження оперативності управління. Тому, як правило, вивчаються тільки

декілька можливих варіантів дій противника, які вибираються на основі суб'єктивних уявлень командира, що може призвести до недостовірних оцінок та низької якості рішень, що приймаються.

Застосування математичних методів дослідження операцій для визначення напрямків ударів противника ускладнене через неможливість аналітичного описання цільової функції. В останні роки набувають розвитку мультиагентні методи штучного інтелекту, які дозволяють з високою швидкістю знаходити квазіоптимальні рішення у системах, цільові функції яких не мають аналітичного опису. Це робить актуальним проведення