

УДК 621.396: 551.508

П.П. Ткачук<sup>1</sup>, Б.С. Федор<sup>1</sup>, Ю.В. Шабатура<sup>1</sup>, В.Б. Федор<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>2</sup>Міжнародний центр миротворчості та безпеки, с. Старичі

## ЧАСОІМПУЛЬСНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАЄКТОРІЇ ПОЛЬОТУ ІНДИКАТОРНИХ СНАРЯДІВ І МІН ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ КОРИГУВАННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКО-МІНОМЕТНОГО ВОГНЮ

*Проведений аналіз відомих методів визначення координат артилерійського снаряда (міни) для подальшої екстраполяції точки його падіння. Вибраний та обґрунтований метод коригування вогню гармат і мінометів, враховуючи досвід застосування ракетних військ і артилерії під час антитерористичної операції.*

**Ключові слова:** індикаторний снаряд (міна), коригування вогню артилерії.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із важливих чинників якісного гарантованого ураження артилерійської цілі є повне виконання вимог підготовки стрільби і управління вогнем. Однак виконання повної підготовки до стрільби не завжди забезпечує гарантованого ураження цілі, тому найбільш дієвим є коригування вогню за допомогою пристрілювання. Але досвід виконання бойових завдань під час Антитерористичної операції (АТО) [1, 2, 4, 5] свідчить, що левова частка всіх завдань здійснюється без пристрілювання. На це є причини як суб'єктивного, так і об'єктивного характеру. В першу чергу, це пов'язано з відсутністю достатньої кількості засобів, що враховують балістичні та метеорологічні відхилення від табличних; підготовленого особового складу, що обслуговує ці засоби, а також врахування часових показників виконання бойового завдання, раптовість завдання вогневого удару і виведення сил та засобів з-під вогню противника.

Проведений аналіз досвіду АТО [3] також свідчить, що основними засобами для коригування вогню артилерійських підрозділів є оптичні засоби спостереження, звукометричні і радіолокаційні комплекси та використання дистанційно керованих або безпілотних засобів. Загальна проблема, яка виникає при застосуванні всіх цих засобів, полягає в тому, що у кожного з них є певні переваги і недоліки, які не дозволяють в найкоротший час якісно вирішити задачу коригування артилерійсько-мінометного вогню.

Отже, розроблення нового методу визначення параметрів траєкторії польоту спеціальних пристрілювальних індикаторних снарядів і мін, який не

потребуватиме наявності наземних активно-випромінювальних антенних систем або складних рознесених багатоантенних приймальних систем, є актуальним і важливим як для науки, так і для практики завданням. Причому потрібно зауважити, що спеціальні пристрілювальні індикаторні снаряди і міни (далі – індикаторні снаряди і міни) за своїми балістичними характеристиками нічим не відрізняються від штатних, оскільки їхні індикаторні властивості забезпечуються модернізованим підривиком, який встановлюється замість штатного і має ідентичні з ним масогабаритні показники.

Метою роботи є розроблення принципів здійснення та математичного забезпечення для часоімпульсного методу визначення параметрів траєкторії польоту пристрілювальних індикаторних снарядів та мін, який дозволить максимально швидко і якісно здійснювати коригування артилерійсько-мінометного вогню.

### Виклад основного матеріалу

З технічних засобів розвідки та обслуговування стрільби артилерійських підрозділів, що забезпечують коригування вогню, сьогодні найбільш ефективними є радіолокаційні засоби, які в порівнянні з оптичними засобами, звукометричними станціями та навіть застосуванням дронів дозволяють забезпечувати стрільбу на більшій відстані, у будь-яку пору доби, під час зміни метеорологічних погодних умов, наявності звукових та оптичних перешкод під час бойових дій.

В ході виконання завдань радіолокаційними станціями після виявлення в повітрі снаряда (міни) виникає необхідність визначення їх координат для подальшої екстраполяції точки падіння та видачі інформації артилерійським підрозділам на коригування вогню.

На сьогодні існує декілька способів виявлення цілей та визначення їх характеристик радіолокаційними станціями [6, 7]. Спочатку проаналізуємо методи вимірювання параметрів при виявленні цілей активними РЛС.

**Імпульсний метод** вимірювання дальності заснований на визначенні часу затримки характерної зміни амплітуди сигналу, що приймається РЛС. При цьому дальність до цілі ( $D$ ) визначається за виразом

$$D = \frac{c \cdot t_D}{2}, \quad (1)$$

де  $t_D = t_{np} + t_{відб} = 2t$  – час отримання випроміненого НВЧ сигналу після відбиття від цілі;

$c$  – швидкість розповсюдження НВЧ сигналів.

Точність визначення кутових координат цілі залежить від ширини діаграми направленості антенної системи в азимутальній і вертикальній площинах як для цього методу, так і для всіх відомих активних РЛС.

Переваги імпульсного методу:

- можливість побудови РЛС з однією антеною;
- простота індикаторного пристрою;
- зручність вимірювання дальності одразу до кількох снарядів;
- простота випромінюваних імпульсів і прийнятих сигналів.

Недоліки:

- необхідність використання великих імпульсних потужностей передавача;
- неможливість вимірювання малих відстаней;
- велика „мертва зона”.

**Частотний метод** заснований на використанні частотної модуляції випромінюваних безперервних сигналів.

У цьому методі дальність визначається за формулою

$$D = \frac{c \cdot \tau_u \cdot F_0}{2 \cdot \Delta F}, \quad (2)$$

де  $\tau_u$  – тривалість імпульсу;

$\Delta F$  – девіація частоти сигналу;

$F_0$  – частота биття.

Переваги частотного методу:

- дозволяє вимірювати дуже малі відстані;
- використовується малопотужний передавач.

Недоліки:

- необхідність використання двох антен;
- погіршення чутливості приймача внаслідок „просочування” в приймальний тракт через антену випромінювання передавача;
- високі вимоги до лінійності зміни частоти.

**Фазовий метод** заснований на вимірюванні різниці фаз випроміненого і прийнятого радіосигналів.

Для усунення неоднозначності при вимірюванні дальності застосуємо багатошкальний метод, в якому дальність визначається за формулою

$$D = \frac{c \cdot \Delta\varphi}{2 \cdot \Omega}, \quad (3)$$

де  $\Delta\varphi$  – фазовий зсув між модульованим і прийнятим сигналами;

$\Omega = 2\pi(f_0 + k\Delta f)$  – шкальна частота, що визначає фазовий зсув, де  $f_0$  – початкова частота, а  $k\Delta f$  – додаткова частота для зміни довжини хвилі  $\lambda$  з кроком  $k=1, 2, 3...$

Переваги фазового методу:

- мала потужність випромінювання, оскільки генеруються незгасальні коливання;
- точність не залежить від доплерівського зсуву частоти відбивання;
- простота будови.

Усі вищезгадані методи виявлення [8–10] пристрілювальних снарядів (мін) та визначення їх параметрів активними РЛС мають суттєвий недолік – швидке визначення координат розташування цих РЛС засобами радіотехнічної розвідки противника з наступною постановкою перешкод чи їх знищення. Виходячи з аналізу проведення АТО на Сході України було знищено більше чотирьох одиниць РЛС типу AN/TPQ, станції типу АРК та СНАР показали свою низьку надійність та ефективність.

Пасивні РЛС використовують властивість випромінювання радіотехнічних засобів, що знаходяться на пристрілювальному снаряді (міні), тобто на снарядах індикаторах. Пасивні РЛС мають більш високу скритність в порівнянні з активними. Їх місцеположення і параметри не можуть бути визначені засобами радіотехнічної розвідки противника [7, 11].

Відомі три основних методи визначення дальності до цілі в пасивній радіолокації.

**Тріангуляційний метод** базується на визначенні дальності за безпосередньо вимірними в двох рознесених приймальних пунктах кутових координат і відомій відстані (базі) між цими пунктами (рис. 1).

Для визначення дальності необхідно визначити три кутові координати: азимут  $\beta$ ,  $\beta_A$  та кут місця  $\varepsilon$  ( $\varepsilon_A$ ) або кути місця  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon_A$  та азимут  $\beta$  ( $\beta_A$ ). Вираз, що пов'язує дальність до снаряда (міні) з  $\beta$ ,  $\beta_A$  та  $\varepsilon$ , має вигляд

$$r = \frac{d \cdot \sin \beta_A}{\cos \varepsilon \cdot \sin(\beta_A - \beta)}. \quad (4)$$

На рис. 1 кут  $\text{ОСн}^1\text{А}$  дорівнює куту  $\beta_A - \beta$ .

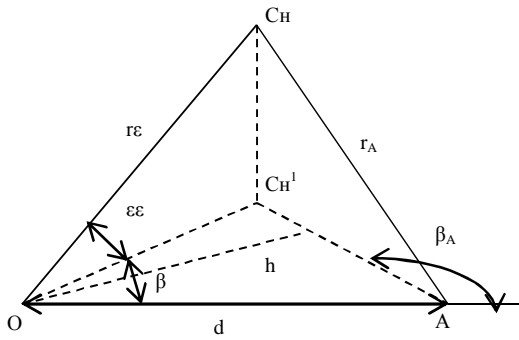


Рис. 1. Визначення дальності кутомірним методом

При різницево-далекомірному методі вихідними даними для визначення дальності є безпосередньо виміряні різниці відстаней від снаряда до приймальних пунктів. Необхідно виміряти, як мінімум, три різниці відстаней при необхідних трьох-чотирьох приймальних пунктах.

Для чотирьохпозиційної пасивної РЛС (рис. 2)

$$r = \frac{(d_A^2 + d_B^2 + d_C^2) - (R_A^2 + R_B^2 + R_C^2)}{2(R_A + R_B + R_C)}, \quad (5)$$

де  $R_{A,B,C} = r_{A,B,C} - r$  — різниці відстаней від приймальних пунктів до снаряда (міни).

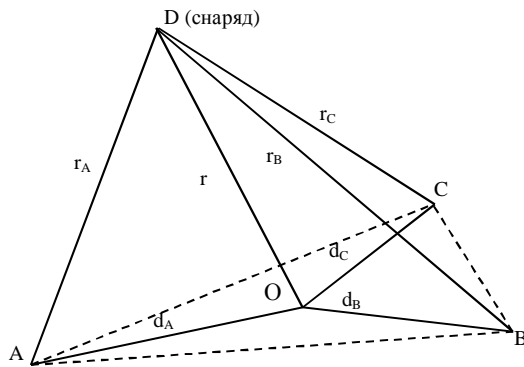


Рис. 2. Визначення дальності різницево-далекомірним методом

**Кутомірно-різницево-далекомірний метод** заснований на зв'язку між кутовими координатами снаряда (міни), базою і різницею відстаней від нього до двох приймальних пунктів. Цей зв'язок описується рівнянням (рис. 3):

$$r = \frac{d^2 - R_0^2}{2(d \cos \varepsilon \cdot \cos \beta + R_0)}, \quad (6)$$

де  $R_0 = r_A - r$ .

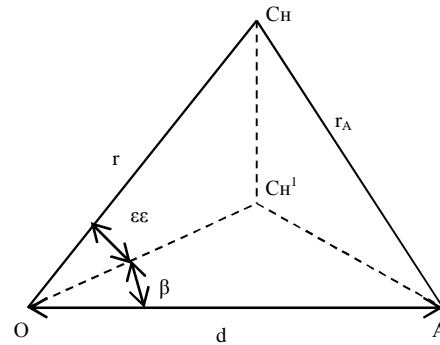


Рис. 3. Визначення дальності різницево-далекомірним методом

Виявлення джерел випромінювання, огляд за кутовими координатами і визначення їх у пасивній радіолокації здійснюються так само, як і в активній радіолокації. А дальність до цілі та її радіальна швидкість через відсутність інформації про час випромінювання і частоту, на якій це випромінювання відбувається, в пасивній радіолокації безпосередньо за допомогою сигналу, прийнятого тільки в одній точці, визначені бути не можуть. З цією метою РЛС повинна мати декілька рознесених приймальних антен, що об'єднані між собою засобами комунікації.

Авторами статей [12, 13, 14] була розроблена пасивна система виявлення снаряда (міни)-радіомаяка, що складалась власне з пасивної чотирьохантенної приймальної системи з відповідним апаратним обчислювачем на основі фазового методу та генератором, що вмонтовувався у підрильник 82-мм міни.

Така система потребує подальших досліджень та вдосконалень як апаратного обчислювача для реалізації екстраполяції точки падіння снаряда (міни)-радіомаяка, так і захисту власне пасивної приймальної системи від внутрішніх та зовнішніх перешкод.

Стосовно генератора снаряда-радіомаяка, то в перспективі можливе використання приймальної системи радіопідрильників типу АР.

Провівши аналіз всіх методів визначення відстаней активних і пасивних РЛС (визначення кутових параметрів однакове і залежить від побудови власне антенної системи), яке необхідне для обчислення координат снаряда (міни) з подальшою екстраполяцією точки падіння і відповідного коригування вогню артилерійських підрозділів, можна запропонувати новий метод визначення параметрів траєкторії польоту індикаторних снарядів та мін для коригування вогню, на основі застосування модернізованого радіопередавального пристрою.

Ідея методу полягає в тому, що індикаторний снаряд або міна споряджаються модернізованим радіопередавальним пристроєм, який активується в момент пострілу. При цьому можна використати штатну активну РЛС артилерійської розвідки, яка реалізована на імпульсно-фазовому методі і працюватиме виключно в режимі прийому, а антенна система якої заздалегідь діаграмою направленості сфокусована в напрямку стрільби. Артилерійська гармата наводиться на ціль і здійснює стрільбу пристрілювальними снарядами, які споряджені джерелом радіосигналів. Джерело радіосигналів пристрілювального снаряда синхронізується з приймальною установкою артилерійської позиції під час пострілу, причому джерело радіосигналів випромінює радіосигнал фіксованої частоти у наперед визначені в процесі синхронізації моменти часу  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$  (рис. 4).

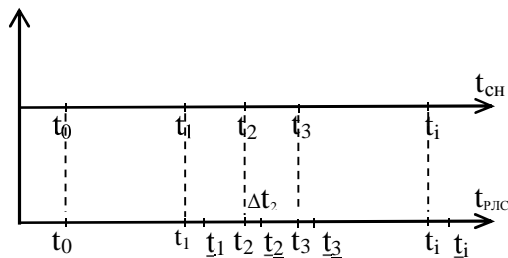


Рис. 4. Синхронізація приймача РЛС та передавального пристрою снаряда в часі

Приймання радіосигналів на артилерійській позиції (рис. 5) здійснюється з визначенням кута місця  $\alpha$  і дирекційного кута  $\beta$  знаходження пристрілювального снаряда.

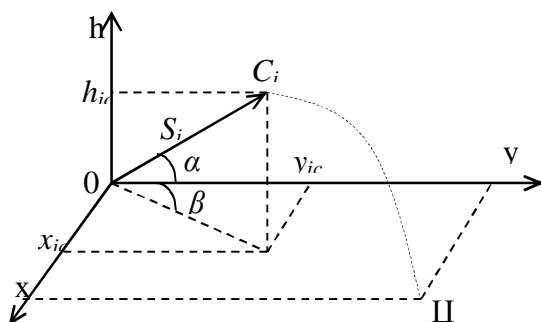


Рис. 5. Обчислення координат снаряда

За зміною частоти прийнятого радіосигналу на основі ефекту Доплера визначається значення швидкості пристрілювального снаряда в моменти випромінювання радіосигналів  $t_i$ , за різницею в часі між наперед відомими моментами випромінювання радіосигналів  $t_i$  і моментами їх приймання на артилерійській позиції  $t_{i0}$  здійснюється розрахунок відстаней  $s_i$

від артилерійської позиції до пристрілювального снаряда за формулою

$$S_i = c(t_{i0} - t_i), \quad (7)$$

де  $c$  – швидкість розповсюдження радіосигналів.

Координати пристрілювального снаряда  $x_{ic}, y_{ic}, h_{ic}$  в декартовій системі координат з центром у точці приймання радіосигналів на артилерійській позиції розраховуються за формулами:

$$\begin{aligned} x_{ic} &= s_i \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta, \\ y_{ic} &= s_i \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta, \\ h_{ic} &= s_i \cdot \sin \alpha. \end{aligned} \quad (8)$$

За результатами розрахованих  $i$ -точок траєкторії польоту пристрілювального снаряда здійснюється її екстраполяція до точки його падіння з визначенням координат точки падіння пристрілювального снаряда, після чого виконується визначення різниці координат точки падіння пристрілювального снаряда і цілі, на основі чого здійснюється виконання коригування напрямку стрільби.

Апаратний обчислювач даної системи зможе забезпечувати виконання пристрілювання снарядом-радіомаяком з подальшим обчисленням поправок для коригування вогню будь-якою артилерійською системою (рис. 6) і, враховуючи відповідні коефіцієнти подібності, можна проводити перерахунок поправок для будь-якої іншої артилерійської системи, яка знаходиться в однакових метеорологічних умовах на суміжних позиціях.

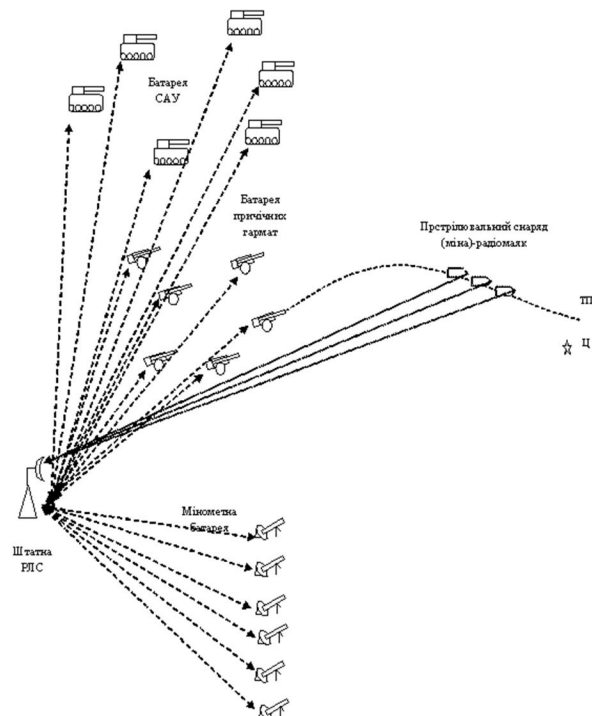


Рис. 6. Варіант взаємного розташування пристрілювального снаряда (міни)-радіомаяка і артилерійської позиції, що обладнана штатною РЛС

На рис. 6 зображено взаємне розташування пристрілювального снаряда (міни) радіомаяка і артилерійської позиції, що обладнана штатною РЛС, в якій знаходиться портативний пристрій для порівняння дійсної траєкторії з табличною, визначення відхилення точки падіння (ТП) пристрілювального снаряда (міни)-радіомаяка від цілі (Ц) по дальності (куту місця) і напрямку та визначення поправок для всіх артилерійських гармат

(мінометів) своєї батареї та будь-яких артилерійських систем сусідніх батарей, що знаходяться в однакових метеорологічних умовах (перерахунок поправок для всіх типів гармат та мінометів, що використовують різні типи снарядів та підричників (трубок)).

Структурна схема, що відповідає цьому способу, зображена на рис. 7.

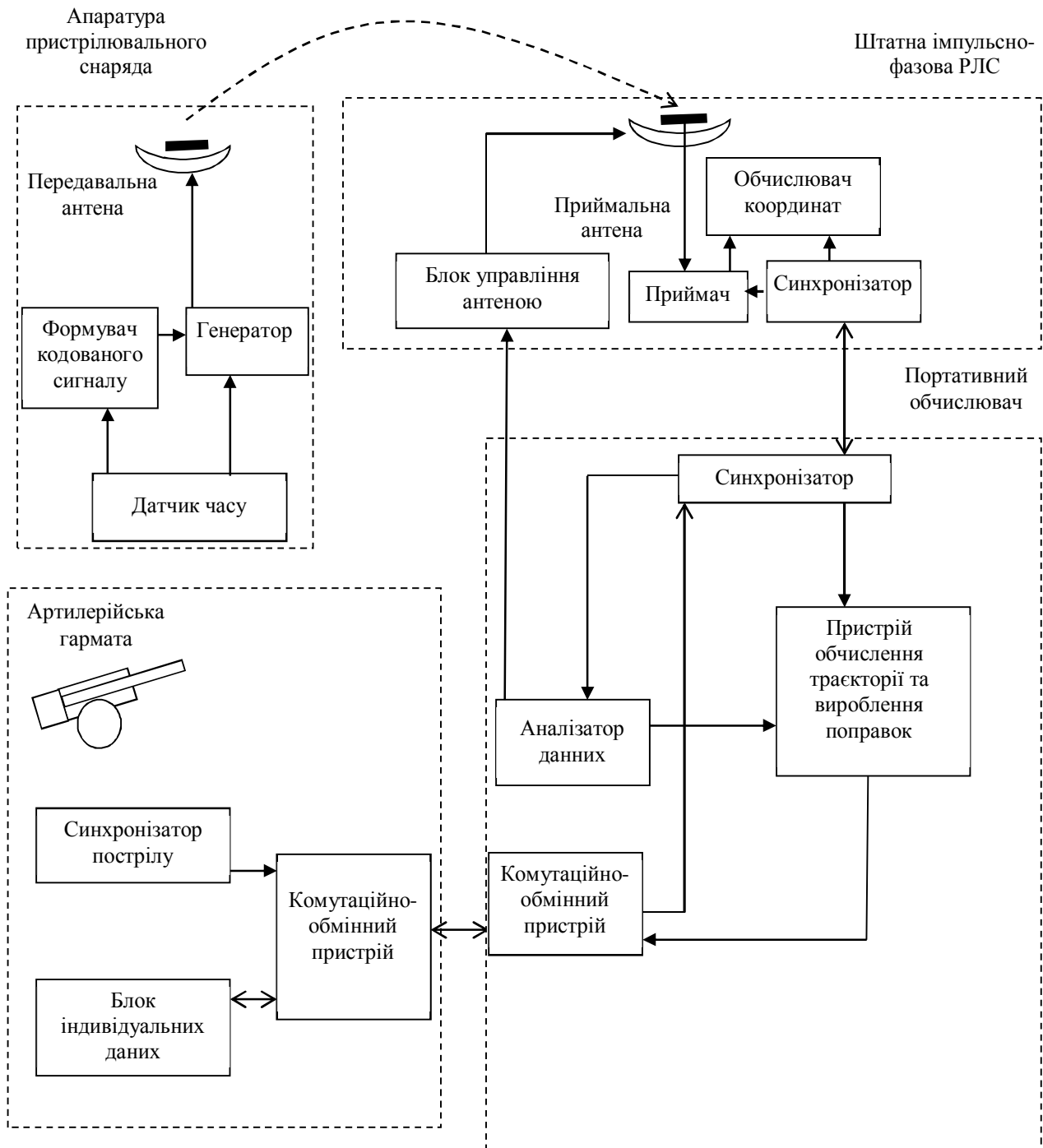


Рис. 7. Блок-схема способу стрільби з артилерійської системи

До початку стрільби навідник гармати (міномета) вводить в універсальний блок індивідуальних даних артилерійської гармати (міномета) наступні дані: інформацію про тип гармати (міномета); координати своєї позиції ( $x$ ,  $y$ ,  $h$ ); інформацію про тип бойового снаряда (міни) і підричник (трубку); дані прицільних пристроїв, що характеризують напрямок ( $\beta$ ) та кут підвищення ствола  $\alpha$  (дальність стрільби). Ця інформація через комутаційно-обмінний пристрій гармати по проводовій чи безпроводовій лінії зв'язку надходить у комутаційно-обмінний пристрій портативного обчислювача, що вводить в склад штатної імпульсно-фазової РЛС. Ці дані через аналізатор даних від всіх гармат (мінометів) подаються на пристрій обчислення траєкторії та вироблення поправок портативного обчислювача та на блок управління антеною штатної РЛС для вибору сектора сканування.

Під час здійснення пострілу у синхронізаторі пострілу гармати формується сигнал, що подається через комутаційно-обмінний пристрій в апаратуру штатної РЛС та портативного обчислювача. В цей же час на пристрілювальному снаряді (міні)-радіомаяку з радіопідричником типу АР вмикається датчик часу, що ініціює вмикання генератора кодового сигналу на визначеній ділянці траєкторії та надає високоточні достовірні дані про час польоту пристрілювального снаряда (міни)-радіомаяка у формувач кодового сигналу для додаткового порівняння часу синхронізації та є дублером при збої в синхронізаторі.

Цей кодовий сигнал опрацьовується в приймальній системі штатної РЛС, де відбувається визначення координат траєкторії польоту пристрілювального снаряда (міни)-радіомаяка ( $D$ ,  $\beta$ ,  $h$ ). Інформація про дійсне положення передається на пристрій обчислення траєкторії та вироблення поправок портативного обчислювача, де відбувається порівняння дійсної траєкторії з табличною, визначення відхилення екстрапольованої точки падіння від координат цілі, що надійшли з блока індивідуальних даних гармати, та вироблення поправок (скоригованих даних прицілів) для всіх типів гармат (мінометів), що подали свої індивідуальні дані через комутаційно-обмінні пристрої, в блок індивідуальних даних. Навідник зчитує отримані дані для прицільних пристроїв та коригує напрямок стрільби.

Пристрій обчислення траєкторії та вироблення поправок портативного обчислювача, який реалізований в РЛС розвідки вогневих позицій артилерійських систем [15–17] для визначення координат точок падіння (вильоту), може реалізувати різні математичні методи.

У РЛС типу АРК [18] отримані сигнали, що відповідають значенням поточних прямокутних координат міни (снаряда) під час супроводження, згладжуються поліномом відповідного степеня. Результатом є оцінки координат, швидкості та прискорення для середини інтервалу спостереження, їх горизонтальні складові і значення балістичної функції  $K$ , за якими можливе розпізнавання класу артилерійських систем. У подальшому визначаються координати точок падіння (вильоту) шляхом визначення похідної рівнянь польоту міни (снаряда) з врахуванням лише опору повітря при кожному кроці екстраполяції.

Результати моделювання [19] за математичною моделлю обчислювача координат, що підтверджуються даними з РЛС АРК-1, коли швидкість вітру була менше 8 м/с в режимі визначення координат точок падіння при часі екстраполяції до 10 с, такі фактори, як швидкість і напрямок вітру, зміна температури, тиску та щільності повітря, обертання Землі, на точність визначення координат практично не впливають.

Але при збільшенні дальності від РЛС до точки падіння (вильоту), збільшується час екстраполяції, що призводить до зменшення точності визначення координат точки падіння (вильоту), і помилки при цьому складають не менше 75–110 м в залежності від власне часу екстраполяції, швидкості вітру, типу стріляючої системи, швидкості польоту міни (снаряда) та кута нахилу траєкторії відносно горизонтальної площини.

Цей недолік усувається при врахуванні знака вертикальної складової  $v_n$  швидкості міни (снаряда) в середній точці ділянки спостереження, часу екстраполяції та швидкості вітру.

Якщо  $v_n \leq 0$  – ділянка спостереження знаходиться на вершині траєкторії або на її падаючій частині, що вказує на великий час екстраполяції та необхідність врахування метеорологічних та геофізичних факторів, то точність визначення координат досягається використанням системи повних диференціальних рівнянь.

Якщо  $v_n > 0$  – ділянка спостереження знаходиться на висхідній ділянці траєкторії, тобто невеликий час екстраполяції, то цей час можна визначити за виразом [18]

$$H - H_M = \left| v_n \right| \cdot t_e + 4,9t_e^2 - 3,27K \cdot t_e^3 \quad (9)$$

де  $H$  – виміряна висота міни (снаряда) відносно РЛС;

$v_n$ ,  $v_n$  – виміряні значення складових швидкості міни (снаряда);



$W_x$  – вимірне значення горизонтальної складової прискорення;

$H_M$  – різниця висоти вогневої позиції (ВП) відносно РЛС;

$K$  – балістичний коефіцієнт, що забезпечує достатній збіг реальної траєкторії з наближеною;

$t_e$  – відношення відстані від точки вильоту міни (снаряда) до точки вимірювання до складової швидкості  $v_x$

$K$  – балістична функція, що враховує опір повітря в середній точці ділянки спостереження.

$$K = \frac{W_x}{V_x} = \frac{\sqrt{W_{x0}^2 + W_{y0}^2}}{\sqrt{V_{x0}^2 + V_{y0}^2}}, \quad (10)$$

де  $W_{x0}$ ,  $W_{y0}$  – проекції вектора згладженого прискорення на осі  $X$  та  $Y$ ;

$V_{x0}$ ,  $V_{y0}$  – проекції вектора згладженої швидкості на осі  $X$  та  $Y$ .

Вираз (9) є наближеним способом вирішення задачі і замінює реальну траєкторію міни (снаряда) наближеною параболою, що описується поліномом третього степеня.

Координати точки падіння знаходяться з відношення

$$X_M = X - v_x t_e, \quad (11)$$

де  $X$  – координата, що відповідає поточній горизонтальній дальності міни (снаряда).

Взявши функцію (9) від  $t_e$ , прирівнявши її до 0 та обчисливши похідну, отримаємо

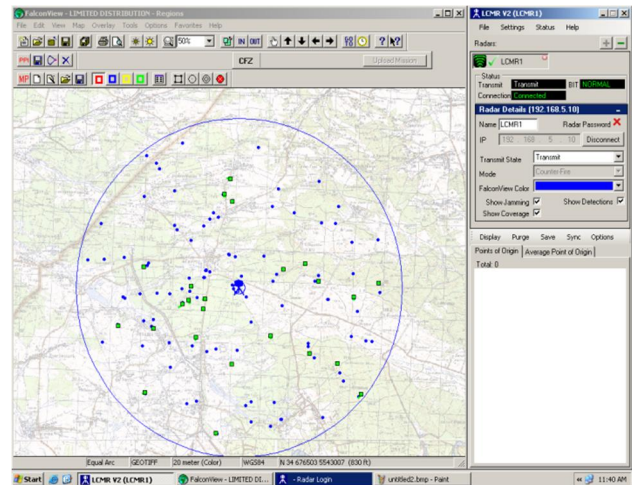
$$F^1(t_e) = \left| v_H \right| + 9,8t_e - 9,81K \cdot t_e^2 \quad (12)$$

При початкових умовах для  $t_e$ :  $t_0=0$  маємо

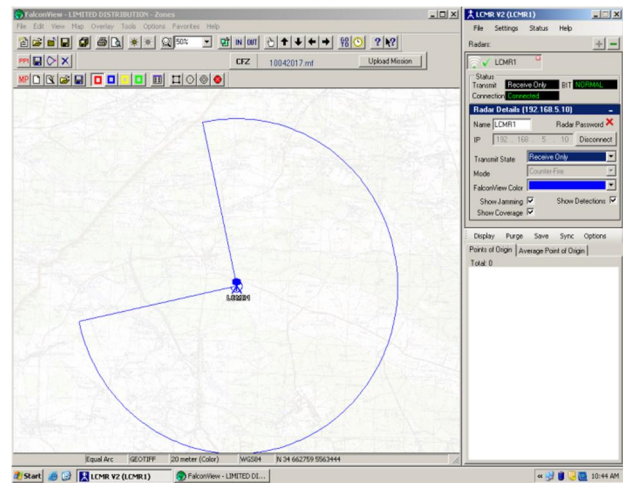
$$t_{n+1} = t_n - \frac{F(t_n)}{F^1(t_n)} \quad (13)$$

Якщо  $0,7v_{в8} + t_e \geq 14$ , то визначення координат точок падіння (вильоту) здійснюється за повною системою диференціальних рівнянь, а якщо  $0,7v_{в8} + t_e < 14$ , то визначення координат точок падіння (вильоту) здійснюється за спрощеною системою диференціальних рівнянь.

Підтвердження результатів даного методу проводилось за допомогою двох станцій AN/TPQ-49, одна з яких працювала в активному режимі, а інша – в пасивному (рис. 8).



*a*



*б*

Рис. 8. Вигляд монітора станції AN/TPQ-49 в режимах:

*a* – активний; *б* – пасивний

В якості боєприпасу з генеруючим пристроєм використовувалась 120-мм міна з радіопідривноком типу AP. В алгоритмі роботи станції AN/TPQ-49 в режимі «Receive Only» видається пеленг на джерело випромінювання (рис. 9), тому для перевірки роботи методу необхідно змінювати алгоритм роботи в програмному забезпеченні.

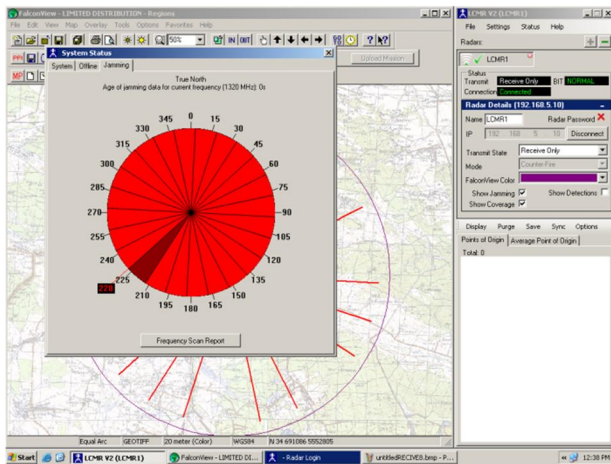
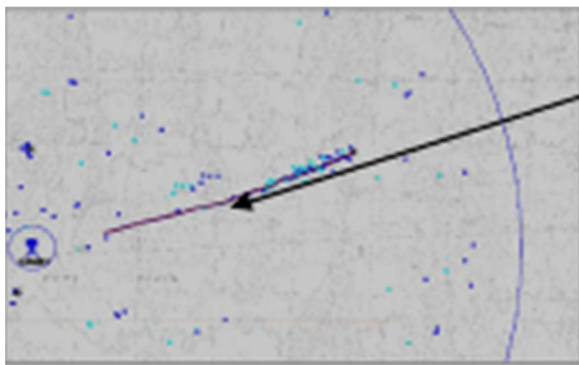
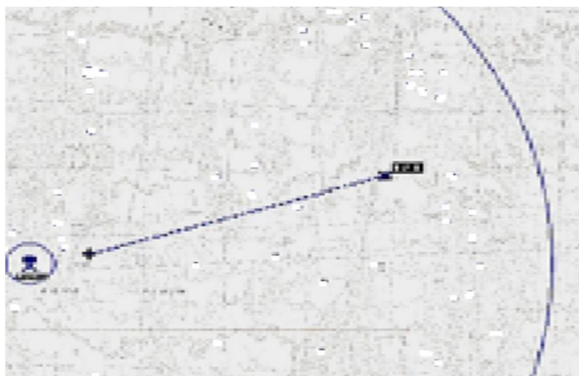


Рис. 9. Видяг монітора станції AN/TRQ-49 в режимі пеленгації

Алгоритм роботи активної РЛС в пасивному режимі повинен проводити аналіз та обробку координат, що отримані від генератора імпульсів підричника боєприпасу, як при роботі в активному режимі при отриманні відбитих від боєприпасу сигналів. Координати точок вильоту та падіння артилерійської міни в пасивному режимі (рис. 10 б) близькі до виявлених в активному режимі (рис. 10 а) як візуально, так і за формуляром.



а



б

Рис. 10. Визначення координат точок вильоту та падіння станцією AN/TRQ-49 в режимах:

а – активний; б – пасивний

## Висновки

Проведений у роботі аналіз методів визначення параметрів снаряда (міни) для подальшої екстраполяції точки падіння і обчислення поправок для коригування вогню артилерійської системи, а також узагальнення досвіду бойових дій під час Антитерористичної операції вказує, що одним із найбільш економічно доцільних методів коригування вогню артилерії є використання активної імпульсно-фазової РЛС без випромінювання.

Цей метод коригування принципово новий і враховує всі недоліки, що мають як пасивні, так і активні РЛС при роботі в штатному режимі при виявленні артилерійських боєприпасів. Також варто врахувати, що модернізація чи створення нових типів зразків можлива після відповідних обрахунків точнісних характеристик параметрів точки падіння, обчислення похибок визначення координат індикаторного снаряда (міни) на траєкторії з метою висунення вимог до відповідної РЛС. Визначення похибок при екстраполяції точки падіння потрібно проводити при вирішенні повної системи диференціальних рівнянь. Апроксимація вимірної траєкторії руху індикаторного снаряда (міни) потребує дослідження залежності степеня полінома для забезпечення відповідної точності визначення екстрапольованої точки падіння.

Таким чином, використання даного методу дозволить забезпечувати високу точність, швидкість і надійність здійснення коригування стрільби артилерійських гармат та мінометів.

## Список літератури

1. Інформаційний бюлетень з узагальнення досвіду бойових дій штабу АТО на території Донецької та Луганської областей за період з 01.09.2016 по 09.10.2016. Штаб АТО. – 36 с.
2. Методичні рекомендації за досвідом застосування артилерійських підрозділів під час виконання завдань в АТО. Командування СВ ЗСУ, РВиА. – Київ, 2016. – 54 с.
3. Методичні рекомендації з організації роботи підрозділів артилерії під час використання коректувальників артилерійського вогню. – Львів: НАСВ, 2014. – 70 с.
4. Інформаційно-аналітичний бюлетень з узагальнення досвіду військ (сил) № 2. Передруковано Львів: НАСВ, 2015. – 62 с.
5. Інформаційно-аналітичний бюлетень з узагальнення досвіду військ (сил) № 4. Передруковано Львів: НАСВ, 2015 – 72 с.
6. Теоретические основы радиолокации. Под ред. Ширмана Я.Д. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Советское радио, 1970. – 560 с.
7. Основы радиолокации и радиолокационная борьба. Ч.1. Основы радиолокации. – М.: Воениздат, 1983. – 456 с.
8. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства. – М.: Советское радио, 1975.



9. Радиолокационные устройства / под ред. В.В. Григорина-Рябова. – М.: Советское радио, 1970.

10. Теоретические основы радиолокации / под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Советское радио, 1978.

11. Сколник И.М. Справочник по радиолокации. Том 4. Радиолокационные станции и системы. – М.: Советское радио, 1976. – 375 с.

12. Федор Б.С. Система генерування радіосигналів артилерійським боєприпасом-коригувальником вогню / Б.С. Федор, В.І. Чигінь, О.М. Дробан // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: ХУПС. – 2016. – Вип 1(1)-Т. – С. 51–56.

13. Чигінь В.І. Експериментальні дослідження системи для визначення координат власного об'єкта-радіомаяка / В.І. Чигінь, О.І. Сивак, Б.С. Федор, О.Р. Проць // Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ. – Київ: ЦНДІ ОБТ. – 2014. – Збірник № 1 (52). – С. 85–97.

14. Чигінь В.І. Система генерування сигналів артилерійським боєприпасом-радіомаяком / В.І. Чигінь,

О.І. Сивак, Б.С. Федор / Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ. – Київ: ЦНДІ ОБТ. – 2014. – Збірник № 3 (54). – С. 45–55.

15. ADJ: ASIAN DEFENCE JOURNAL, 2001.

16. Jane's International Defense Review. – 2000. – № 3.

17. Оружие России, каталог т. 1: Вооружение Сухопутных Войск / ред. А. Ситнов. – М.: АО „Милитэри Пэрэйд“, 1996-1997. – 512 с.: ил.

18. Изделие 1РЛ239-1. Техническое описание. Часть 1. БД640 004-01 ТО.

19. Исаева Н.П. Устройство определения координат. Патент RU 2265233 С1, 2004. Бюл. № 33.

**Рецензент:** д.т.н., с.н.с. А.М. Зубков, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

### Временно-импульсный метод определения параметров траектории полета индикаторных снарядов и мин и его применение для корректировки артиллерийско-минометного огня

П.П. Ткачук, Б.С. Федор, Ю.В. Шабатура, В.Б. Федор

*Проведен анализ существующих методов определения параметров артиллерийских снарядов (мин) с целью корректировки огня артиллерийских систем. Выбран и обоснован метод определения координат снаряда-радиомаяка для последующей экстраполяции точки его падения.*

**Ключевые слова:** индикаторный снаряд (мина), корректировка огня артиллерии.

### Time-pulse method for determining the parameters of the flight trajectory of indicator shells and mines and its application for correction artillery-mortar fire

P. Tkachyk, B. Fedor, U. Shabatura, V. Fedor

*Execution a complete preparation for the shooting does not guarantee destruction of the target. Sighting is the most effective way of correcting fire. The analysis ATO experience shows that the most of the tasks performed without sighting.*

*The experience of carry out combat missions during the sound operation also shows that the basic means for correcting artillery fire departments are optical surveillance, sound systems, radar and using drones. They have some advantages and disadvantages.*

*Analysis of existing methods for correction artillery fire has been conducted. Justification for a new method of increasing the effectiveness of the artillery units has been conducted. In this work analysis methods for determining the parameters of the shell (mine) for further extrapolation of the point drop and computation corrections. Method of using active-phase pulse radar with no radiation has been selected.*

*This method is a fundamentally new for correction artillery fire departments. It takes into account all the disadvantages of passive and active radar station.*

*In this work analysis of existing methods for determining the parameters of artillery shells (min) in order to fire correction of artillery systems has been conducted. Method of determining the coordinates of the beacon-shell for further extrapolation of its impact point has been chosen and grounded.*

**Keywords:** shell (mine) indicator, corrections fire artillery.