

В.А. Таршин, М.Ю. Дергоусов

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ РЕАКТИВНИХ КЕРОВАНИХ СНАРЯДІВ ПО НАЗЕМНИМ ЦІЛЯМ

*Розглядаються шляхи удосконалення системи наведення (самонаведення) керованих снарядів, що застосовуються для ураження наземних об'єктів. Основна увага приділяється забезпеченню високоточного місцевизначення снаряду та корекції його траєкторії у процесі польоту до цілі. Визначаються задачі, які повинні бути вирішені для забезпечення високоточного наведення керованих снарядів на точкові цілі та можливі шляхи їх вирішення.*

**Ключові слова:** кореляційно-екстремальні системи наведення, високоточне ураження, супутникові навігаційні системи, снаряд, реактивна система залпового вогню.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Військово-політична обстановка, що склалася навколо України характеризується втратою частини територій, пов'язаної з анексією півострова Крим, а також веденням операції Об'єднаних сил із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі та стримування збройної агресії Російської Федерації на території Донецької та Луганської областей проти незаконних збройних формувань, що підтримуються з території сусідньої держави як політично, економічно, так і поставками сучасного озброєння.

Застосування принципів ведення гібридної війни дозволяє країні-агресору використовуючи захоплені буферні території здійснювати розгортання ешелонованої системи протиповітряної оборони, розгалуженої системи управління і зв'язку, накопичення озброєння і військової техніки, а також створення резервів. При веденні активної фази бойових дій елементи таких систем підлягають першочерговому знищенню.

Для ураження об'єктів противника у тактичній та оперативно-тактичній глибині, особливо за відсутності можливості застосовувати авіацію Повітряних Сил Збройних Сил України, актуальним постає питання розробки, постановки на озброєння, удосконалення та застосування високотехнологічних систем озброєння, в тому числі і високоточних керованих засобів ураження (КЗУ) цілей, до яких відносяться тактичні ракети (ТР), оперативно-тактичні ракети (ОТР), крилаті ракети (КР) і ударні безпілотні літальні апарати (БПЛА) [1–3]. Саме існуючими загрозами національній безпеці України, станом та тенденціями розвитку воєнно-політичної обстановки у світі довкола України, мілітаризацією анексованого півострова Крим обумовлені прийняті Радою національної безпеки і оборони України рішення щодо відновлення ракетного потенціалу країни [4], а також проекти, які проводяться кооперацією під-

приємств та наукових установ щодо створення вітчизняних високоточних КЗУ, оперативно-тактичного ракетних комплексів, дозвукової та надзвукової КР, а також ударного БПЛА.

Виконання повного циклу створення вказаних КЗУ потребує достатньо тривалого періоду наукових досліджень та серйозного фінансування. У той же час вже зараз гостро стоїть потреба у відносно дешевих КЗУ, з достатньо потужним бойовим зарядом, здатних з високою точністю уражати цілі противника з низьким та середнім ступенем захищеності.

Враховуючи масу бойової частини для ударів по незахищеним і середньо захищеним об'єктам противника можуть бути використані керовані снаряди ракетної системи залпового вогню (РСЗВ) “Смерч” [5–6], однак існуючі варіанти модифікації снарядів, а також перспективні варіанти, які (наведені у табл. 1) мають недосконалу систему наведення, яка забезпечує кругове імовірне відхилення (КІВ) у десятки – сотні метрів.

Для забезпечення кругового імовірного відхилення снарядів РСЗВ порядку одиниць метрів, що відповідає імовірності ураження цілі [1], характерної для високоточних КЗУ, у процесі польоту снаряду необхідно здійснювати корекцію роботи інерційної системи наведення з використанням систем кращого порядку точності. У якості таких можуть бути застосовані супутникові системи навігації, та кореляційно-екстремальні системи наведення (навігації). Застосування коригувальної системи більш високого порядку точності для наведення снарядів РСЗВ “Смерч” потребує розвитку методів наведення, які враховують особливості їх застосування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Актуальність питань удосконалення керованих снарядів РСЗВ, зокрема РСЗВ “Смерч” підтверджується достатньо великою номенклатурою створених керованих

ваних снарядів, публікаціями про активне застосування їх у бойових діях, випробування, що проводяться країнами, на озброєнні армій яких є такі системи [7–8]. При цьому, удосконалення існуючих керованих снарядів РСЗВ здебільшого спрямоване на розробку різних варіантів бойової частини касетного або осколково-фугасного типу та збі-

льшення дальності польоту снаряду. Це, в свою чергу, не дозволяє забезпечити ураження точкових цілей. Характеристики існуючих та перспективних реактивних керованих снарядів ракетної системи залпового вогню “Смерч” з моноблочною головною частиною за інформацією відкритих джерел наведені у табл. 1 [8].

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики 300 мм реактивних снарядів

Позначення снаряду	9М55Ф	9М55С	9М528	9М534
Тип головної частини	Осколково-фугасна	Термобарична	Осколково-фугасна	3 БПЛА-розвідником
Маса снаряду, кг	810	800	815	815
Маса головної частини, кг	258	243	258	243
Маса бойового елемента (БПЛА), кг	—	—	—	40
Маса вибухової речовини (суміші) бойового елемента (головної частини), кг	95	100	95	—
Характеристики елементів, що уражаються	Готові осколки: 1100 шт. по 50 г	Діаметр поля с $T > +1000$ °С: 25 м Тривалість поля: 1,44 с	Готові осколки: 800 шт. по 50 г	Час польоту: 20 хв. Висота польоту: 500 м Площа огляду: 25 км <sup>2</sup> Дальність передачі: 70 км
Дальність пострілу, м: максимальна/мінімальна				90 000 20 000

В одному з перспективних варіантів (табл. 1) [8] навіть розглядається можливість застосування реактивного снаряду РСЗВ “Смерч” як засобу доставки у заданий район капсульного безпілотної літального апарата для здійснення аеророзвідки.

Разом з тим, недосконалість системи наведення (самонаведення) самих керованих снарядів обмежує можливість ефективного використання результатів аеророзвідки, проведеної безпосередньо перед застосуванням РСЗВ.

Суттєвим недоліком маршової інерційної системи наведення, що забезпечує кутову стабілізацію снаряду на активній ділянці траєкторії та корекцію дальності за рахунок поправки, відповідно до часу відокремлення головної частини, є накопичення помилок, через які КІВ снаряду може досягати 150 м. Відповідно до цього, дана РСЗВ не може бути застосована у районах з розвинутою інфраструктурою. Можливість забезпечення високоточного ураження наземних стаціонарних цілей передбачена керованими снарядами РСЗВ удосконаленими у рамках проекту “Вільха” (Україна), що підтверджено результатами успішних державних випробувань [9]. За результатами вивчення тактико-технічних характеристик (ТТХ), а також аналізу побудови та бойового засто-

сування снарядів РСЗВ “Смерч” [5–6] встановлено, що даний снаряд має класичну для високоточних засобів ураження схему (рис.1), а наявність газодинамічних рулів забезпечує можливість корекції траєкторії польоту. Враховуючи масу бойової частини високоточне наведення снаряду на наземні цілі з КІВ порядку 5 – 10 метрів забезпечує знищення об’єктів середнього класу захищеності.

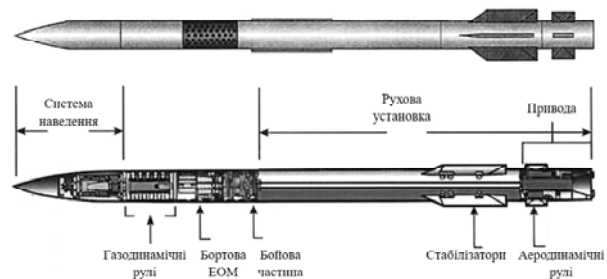


Рис. 1. 300 мм реактивний снаряд РСЗВ “Смерч”

В снарядах РСЗВ “Вільха” на відміну від реактивних снарядів РСЗВ “Смерч” реалізовані сучасні вимоги до функціонування системи високоточного наведення, що дозволило забезпечити потрібне КІВ.

Для усунення помилок інерційної системи наведення здійснюється супутникова корекція траєкторії польоту снаряда, що дозволяє досягти КІВ порядку десяти метрів. Однак, використання супутникової корекції траєкторії польоту керованого снаряду корекції не забезпечує умови автономного наведення, а також оперативного урахування зміни обстановки щодо об'єкту ураження [10]. Також слід зазначити, що застосування супутникової системи навігації для наведення КЗУ не визначене нормативно правовими актами на міждержавному рівні та може бути обмежене країнами-власниками навігаційних систем, а також противником шляхом постановки перешкод.

Альтернативою супутниковим системам корекції КЗУ є кореляційно-екстремальні системи наведення (КЕСН), безумовними перевагами яких є автономність, висока точність, перешкодозахищеність, а також урахування змін оперативно-тактичної обстановки у районі об'єкту ураження, по якому застосовуються снаряди РСЗВ.

Останні досягнення у області розвитку високоточних автономних КЕСН, які можуть бути використані для наведення керованих снарядів РСЗВ по зображеннях місцевості, представлені у роботах [11], проте у відкритих публікаціях, зокрема і у наведених, відсутня інформація про застосування кореляційно-екстремальних систем наведення (КЕСН) для корекції керованих снарядів РСЗВ, так само як і урахування особливостей польоту і корекції снарядів РСЗВ.

Застосування КЕСН для корекції траєкторії польоту снаряду РСЗВ у процесі наведення на наземні цілі обумовлює необхідність рішення задач, спрямованих на обґрунтування вибору датчиків інформації, урахування особливостей формування поточного зображення бортовими датчиками системи

наведення снаряду, а також формування вирішальної функції КЕСН як команди на корекцію траєкторії його польоту за результатами локалізації об'єктів прив'язки на поточних зображеннях поверхні візування [11–12].

**Мета статті** – визначення шляхів удосконалення та вимог, що висуваються до системи високоточного наведення керованих снарядів РСЗВ.

## Виклад основного матеріалу

Забезпечення високої точності визначення просторового положення керованих снарядів РСЗВ на кінцевій ділянці траєкторії визначається властивостями системи наведення. У випадку, який розглядається, це властивості КЕСН.

Вимоги до КЕСН та шляхи їх задоволення неодноразово обґрунтовувалися вітчизняними та закордонними вченими, зокрема у роботах [13–14], однак у більшості випадків розглядається обмежена сукупність спотворюючих факторів, що впливають на ефективність застосування КЕСН. У той же час необхідно уточнити вимоги до КЕСН та шляхи їх задоволення стосовно керованих снарядів, пов'язаних з особливостями отримання поточного зображення бортовими датчиками інформації та формування вирішальної функції як команди на корекцію траєкторії їх польоту, в умовах спотворення ПВ. Уточнення ТТВ у роботі здійснено для КЕСН ОТР, що дозволяє у процесі досліджень обмежитися використанням одного району прив'язки та таким чином спростити розроблені у подальшому моделі процесу функціонування КЕСН.

Основні вимоги, що висуваються до КЕСН, та їх функціональний зв'язок з параметрами ПВ сформульовані у роботах [13] та в узагальненому вигляді наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Основні вимоги, що висуваються до КЕСН

Показник	Функціональний зв'язок показників	Кількісні характеристики
Потрібна імовірність ураження цілі в умовах складної ФЦО	$P_{уц} = f_1(P_k, \sigma_k, \eta_{TE})$	0,5...0,8
Потрібна імовірність місцевизначення КЕСН	$P_{MB} = f_2(S'_{ПЗ}(t), S_{EЗ})$	більше 0,8...0,9
Потрібна СКВ місцевизначення	$\sigma_{MB} = f_3(S'_{ПЗ}(t), S_{EЗ})$	одиниці метрів
Перешкодозахищеність	мінімізація впливу противника на процес формування ВФ $R_{ВФ}$ за рахунок застосування перешкодостійких методів та алгоритмів вторинної обробки	
Швидкодія	$T_{ВФ} = T_{ПЗ} + T_{КЕО} + T_{адапт}$	долі секунди
Енергетична прихованість	обмеження випромінювання та застосування сигналів з псевдохаотичними параметрами в РЛ каналі КЕСН	

$f_1, f_2, f_3$  – описують функціональні зв'язки між забезпечуваними показниками та визначальними аргументами.

Основні вимоги, що висуваються до КЕСН можуть бути визначені із забезпечуваної імовірності ураження цілі, при розрахунку якої враховуються як властивості коригувальної системи ( імовірність та середньоквадратична помилка корекції траєкторії польоту снаряду –  $P_k, \sigma_k$ ), так і маса бойової частини керованого снаряду.

Враховуючи те, що інерційна система наведення гарантовано виводить снаряд у точку корекції відповідно до її технічних характеристик, що є необхідною умовою функціонування КЕСН, імовірність ураження цілі  $P_{уц}$  керованим снарядом може бути визначена відповідно до (1)

$$P_{уц} = P_k \left[ 1 - e^{-(R_e/\sigma_k)^2} \right] + (1 - P_k) \times \left[ 1 - e^{-(R_e/\sigma_{ИНС})^2} \right], \quad (1)$$

де  $P_k$  – імовірність виконання корекції помилок інерційної системи КЕСН;

$R_k$  – радіус зони корекції КЕСН;

$\sigma_{ИНС}$  – середньоквадратична помилка (СКП) системи наведення при невиконанні корекції (наведенні за результатами роботи ИНС);

$R_e = f(\Delta P_\phi, q_{TE})$  – ефективний радіус зони ураження цілі, який визначається показником захищеності об'єкта ураження  $\Delta P_\phi$  та потужністю бойової частини  $q_{TE}$  у тротиловому еквіваленті;

$\sigma_k$  – СКП корекції траєкторії польоту керованого снаряду РСЗО.

У свою чергу, згідно з [13], імовірність корекції траєкторії польоту керованого снаряду ( $P_k$ ) з використанням КЕСН визначається виразом

$$P_k = P_{МВ} \cdot P_{БР} \cdot P_{ПЗ} \cdot P_{СУ}, \quad (2)$$

де  $P_{МВ} \sim f(q_{Вих}, P_{ПД})$  – імовірність місцевизначення КЕСН при виконанні  $k$ -ї корекції у заданому районі прив'язки;

$q_{Вих}$  – відношення сигнал-перешкода на виході системи первинної обробки (датчика інформації);

$P_{ПД}$  – імовірність правильної локалізації (ідентифікації) об'єктів на поточному зображенні КЕСН;

$P_{БР}$  – імовірність безвідмовної роботи КЕСН;

$P_{ПЗ} \sim f(P_H)$  – імовірність виконання прив'язки КЕСН в умовах впливу перешкод, яка характеризується імовірністю порушення роботи КЕСН при впливі на приймальний тракт КЕСН природних або штучних перешкод;

$P_{СУ} \sim f(V_{КЗП}, H_{КЗП}, N_{пр}, T_{ПУ})$  – імовірність відпрацювання сигналів корекції системою управління снаряду;

$V_{КЗП}, H_{КЗП}$  – швидкість та висота польоту снаряду на етапі прив'язки;

$N_{пр}$  – кількість прив'язок КЕСН до об'єкта;

$T_{ПУ}$  – час реакції пристроїв управління бортової системи управління (газодинамічних рулів) по відпрацюванню помилок місцевизначення.

У роботі [14] показано, що середньоквадратична помилка наведення КЗУ на ціль після виконання  $k$  корекцій з застосуванням КЕСН визначається виразом:

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma_{МВ}^2 + \sigma_{П}^2 + \sigma_{СУ}^2}, \quad (3)$$

де  $\sigma_{МВ} = \sigma_{КЕСН}$  – СКП визначення просторового положення снаряду, для наведення якої використовується КЕСН у  $k$ -й зоні корекції;

$\sigma_{П}$  – СКП прив'язки ЕЗ для  $k$ -ї зони корекції до точки прицілювання;

$\sigma_{СУ}$  – СКП системи управління снаряду від моменту проведення  $k$ -ї корекції до моменту досягнення цілі. Оскільки для останньої зони корекції (декількох останніх зон) забезпечуються умови  $\sigma_{П} \ll \sigma_{МВ}^2$  та  $\sigma_{П} \ll \sigma_{СУ}^2$ , а вибором розташування зони корекції відносно точки прицілювання, то

$$\sigma_k < \sqrt{2\sigma_{МВ}^2}. \quad (4)$$

Умова забезпечення заданої імовірності ураження цілі (1) при достатньо високій імовірності здійснення корекції КЕСН  $P_k \rightarrow 1$  і  $\sigma_{МВ} \ll \sigma_{ИНС}$ ,  $P_{уц}$  визначається відношенням  $R_e/\sigma_k$ . Після логарифмування та цілком зрозумілих перетворень можна записати

$$\frac{R_e}{\sigma_k} = \sqrt{-\ln \frac{P_k - P_{пц}}{P_k}}. \quad (5)$$

Згідно з існуючими підходами до засобів високоточної зброї відносять КЗУ, для яких імовірністю ураження цілі складає  $P_{уц} \geq 0.5$  – за радянською класифікацією та  $P_{уц} \geq 0.8$  – за класифікацією, прийнятою у США (країнах НАТО), для заданих значень  $P_{уц}$  та  $P_k$  можуть бути сформульовані вимоги щодо СКП визначення просторового положення снаряду з урахуванням захищеності об'єктів та потужності його боезаряду

$$\sigma_k = \frac{R_e}{\sqrt{-\ln \frac{P_k - P_{пц}}{P_k}}}. \quad (6)$$

При забезпеченні вказаних вимог потрібно враховувати той факт, що у процесі польоту реактивний снаряд РСЗВ, окрім поступального руху обертається навколо своєї осі, що відповідним чином буде впливати на якість формування поточних зображень датчиками первинної інформації кореляційно-екстремальних систем наведення.

Обертальний та поступальний рух снаряду обумовлює розмиття контурів об'єктів на поточному зображенні, що буде негативно впливати на результат формування вирішальної функції КЕСН ( $R_{ВФ}(t, r)$ ), яка визначається функціоналом  $F_{ВО}$  порівняння еталонного зображення (ЕЗ) об'єкта прив'язки та спотвореного поточного зображення (ПЗ), отриманого з борта керованого снаряду у поточний момент часу

$$R_{ВФ}(t, r) = F_{ВО}(S'_{ПЗ}(t), S_{ЕЗ}), \quad (7)$$

де  $R_{ВФ}$  – вирішальна функція-матриця, яка формується КЕСН;

$t$  – поточний час;

$r = \|r\|$  – вектор параметрів зсуву представлених у матричному вигляді спотвореного ПЗ ( $S'_{ПЗ}(t)$ ) та ЕЗ ( $S_{ЕЗ}$ ) у картинній площині;

$F_{ВО}$  – оператор вторинної обробки кореляційно-екстремальних систем наведення ;

$S'_{ПЗ}(t)$  – спотворене ПЗ  $S_{ПЗ}$  у наслідок поступального та обертального руху снаряду.

Вважаючи, що для системи наведення снаряду забезпечуються прийнятні, близькі до одиниці значення  $R_{БР}$ ,  $R_{ПЗ}$ ,  $R_{СУ}$ ,  $R_{К}$  визначається забезпечуваним значенням  $R_{МВ}$ , яке згідно з табл. 2 визначається якістю сформованих поточного та еталонного зображень.

Аналогічним чином можуть бути визначені СКП місцевизначення на основі виразу

$$\sigma_{МВ} = -\partial^2 [F_{ВО}(S'_{ПЗ}(t), S_{ЕЗ})] / \partial r_i^2. \quad (8)$$

Питанням перешкодозахищеності КЕСН, у тому числі і при впливі алгоритмічних перешкод присвячені роботи [15], тому при удосконаленні системи наведення керованих снарядів доцільно відповідну увагу приділити особливостям їх реалізації у зазначених КЗУ.

При розробці нових та удосконаленні існуючих методів формування ВФ однією з визначальних є вимога забезпечення потрібної швидкодії – час, необхідний на формування ВФ ( $T_{ВФ}$ ).

Співвідношення для одного сеансу прив'язки ПЗ до ЕЗ при застосуванні одного датчика інформації при формуванні ВФ має вигляд:

$$T_{ВФ} = T_{ПЗ} + T_{КЕО}, \quad (9)$$

де  $T_{ПЗ}$  – час формування ПЗ, який визначається характеристиками датчика, що використовується у КЕСН;

$T_{КЕО}$  – час формування часткової ВФ за результатом порівняння ПЗ з ЕЗ, який визначається реалізованим у КЕСН алгоритмом порівняння зображень та їх розмірністю.

У випадку спотворення, що виникає у наслідок розмитості контурів об'єктів на ПЗ вираз (9) може бути записаний у вигляді

$$T_{ВФ} = T_{ПЗ} + T_{КЕО} + T_{СП}, \quad (10)$$

де  $T_{СП}$  – додатковий час, що витрачається на компенсацію розмитості контурів від обертального руху снаряда.

Відповідно, (10) формування вирішальної функції потребує більших обчислювальних витрат, що впливає на формування вимог до КЕСН по швидкодії до бортового обчислювача.

Енергетична прихованість функціонування КЕСН забезпечується застосуванням пасивних датчиків інформації, у якості яких, враховуючи особливості траєкторії польоту керованих снарядів РСЗВ “Смерч”, можуть бути оптичні та інфрачервоні камери.

На рис. 2 зображена узагальнена структурна схема КЕСН, що дозволяє визначити особливості функціонування оптико-електронної кореляційно-екстремальної системи наведення з урахуванням динаміки польоту керованих снарядів ракетної системи залпового вогню “Смерч”.

Основними відмінностями, від вже існуючих систем є те, що вплив, що виникає в процесі польоту снаряду, спрямований на процес формування поточного зображення. Це призводить до розмитості зображення, що в свою чергу позначається на якості вторинної обробки інформації та точності визначення просторового положення снаряду.

Для усунення негативного впливу розмитості контурів зображень, необхідно удосконалити методи вторинної обробки інформації при порівнянні поточного та еталонного зображень.

Забезпечення необхідних малих масогабаритних характеристик бортової апаратури КЕСН передбачає створення прийнятно-передавальної апаратури систем з використанням сучасної елементної бази.

В ході оцінки вартості апаратури КЕСН необхідно, в першу чергу, виходити з важливості вирішення завдання наведення керованих снарядів у задану область простору з необхідною точністю. При удосконаленні системи наведення керованих снарядів доцільно вирішити наступні часткові задачі:



Рис. 2. Структурна схема КЕСН

1. Визначити необхідні умови для забезпечення тактико-технічних характеристик реактивної системи залпового вогню (РСЗВ) щодо точкового ураження ними наземних цілей в умовах розвиненої інфраструктури населених пунктів. Обґрунтувати вимоги до точності наведення снарядів РСЗВ на наземні цілі противника.

2. Розробити математичну модель тактики застосування РСЗВ з урахуванням отриманої розвідувальної інформації про ціль, а також розмитості контурів сформованого поточного зображення цілі.

3. Розробити метод високоточного наведення снарядів для забезпечення необхідних тактико-технічних характеристик РСЗВ.

4. Розробити імітаційну модель процесу високоточного самонаведення снарядів РСЗВ в умовах розвиненої інфраструктури населених пунктів та неможливості отримання чітких зображень цілей.

5. Оцінити ефективність застосування снарядів РСЗВ по точкових цілях та розробити рекомендацій щодо підвищення тактико-технічних характеристик РСЗВ в умовах розвиненої інфраструктури населених пунктів.

## Висновки

Таким чином, одним з найбільш доцільних шляхів удосконалення існуючих ракетних систем залпового вогню, конструкцією реактивних снарядів

у яких передбачена можливість корекції траєкторії їх польоту, а також розробки перспективних зразків ракетної техніки є застосування високоточних, автономних, пасивних кореляційно-екстремальних систем наведення, принцип дії яких ґрунтується на отриманні поточної інформації про поверхню візування у районі застосування керованих засобів ураження наземних цілей.

Задачі, які повинні бути вирішені при цьому визначаються виходячи з вимог що висуваються до високоточної системи наведення, а також особливостей польоту самих снарядів.

При цьому основна увага повинна бути зосереджена на забезпеченні потрібної середньоквадратичної помилки визначення просторового положення снаряду на кінцевій ділянці траєкторії його польоту.

При забезпеченні високоточного місцевизначення повинна бути врахована невідповідність поточного зображення кореляційно-екстремальної системи наведення еталонному, яка виникає при поступальному та обертальному русі снаряду у процесі його польоту.

Це потребує удосконалення методів формування вирішальної функції як команди на корекцію траєкторії польоту снаряду на етапі вторинної обробки зображень відповідно до запропонованого варіанту узагальненої схеми системи наведення.

## Список літератури

1. Бойове застосування високоточних засобів поразення і особливості боротьби з ними: навч. посіб. / В.І. Ткаченко, С.П. Ярош, Є.Б. Смірнов та ін., за ред. В.І. Ткаченка. – Х.: ХУПС, 2016. – 272 с.
2. Савенков А. Разработка высокоточных всепогодных систем наведения малоразмерных средств поражения объектов ВВТ/ А. Савенков // Оборонная техника. – 1990. – №9. – С. 18-19.
3. Белов А. Совершенствование крылатой ракеты “Томахок” / А. Белов, А. Валентинов // Зарубежное военное обозрение. – 1996. – № 11. – С. 44-49.
4. Турчинов О.В. Україні потрібен потужний ракетний щит [Електронний ресурс] / О.В. Турчинов // Офіційний сайт Ради національної безпеки і оборони України. – Режим доступу: <http://www.rnbo.gov.ua/news/2298.html>.
5. Гуров С. В. Реактивная система залпового огня 9K58 “Смерч” / С.В. Гуров. – Тула.: ФГУП ГНП “Сплав”, 2010. – 206 с.
6. Орлов А.Р. Основы устройства и функционирования снарядов реактивных систем залпового огня / А.Р. Орлов. – Тула: Изд. Тул. гос. ун-т, 2002. – 156 с.
7. Всё больше армий мира становятся владельцами крупнокалиберных РСЗО [Электронный ресурс] / Военное обозрение. – 2013. – Режим доступа: <https://topwar.ru/1458-vladelcami-krupnokalibernyx-rszo-stanovyatsya-vse-bolshe-armij-mira.htm>.
8. Реактивная система залпового огня “Смерч” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rbase.newfactoria.ru/missile/wobb/smerch/smerch.shtml>.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.segodnya.ua/ukraine/u-poroshenko-rasskazali-chtotakoe-olha-i-kak-ona-poyavilas-1133763.html>.
10. Сотников А.М. Проблемы и перспективы развития навигационного обеспечения летательных аппаратов / А.М. Сотников, В.А. Таршин // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2013. – № 3(36). – С. 68-74.
11. Сотников О. М. Проблеми та напрямки розвитку кореляційно-екстремальних систем наведення керованих літальних апаратів / О.М. Сотніков, В.А. Таршин, П.В. Опенько // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2013. – № 3(18). – С. 93-96.
12. Yeromina N.A method for localizing a reference object in a current image with several bright objects / A. Sotnikov, V. Tarshyn, N. Yeromina, S. Petrov, N. Antonenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 3, № 9 (87). – P. 68-74. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101920>.
13. Радиометрические корреляционно-экстремальные системы навигации летательных аппаратов / В.И. Антюфеев, В.Н. Быков, А.М. Гричанюк, В.А. Краюшкин. – Х.: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2008. – 356 с.
14. Щербинин В.В. Построение инвариантных корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения летательных аппаратов / В.В. Щербинин. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 230 с.
15. Сотников А. М. Обоснование принципов построения и разработка модели корреляционно-экстремальной системы наведения комбинированного типа / А. М. Сотников, В. А. Таршин // Системи управління навігації та зв'язку. – 2012. – № 4(24). – С. 7-11.

## References

1. Tkachenko, V.I., Yarosh, S.P. and Smirnov, Ye.B. (2016), “*Boyove zastosuvannya vysokotochnykh zasobiv porazhennya i osoblyvosti borot'by z nymy*” [Fighting the use of high-precision means of defeat and the peculiarities of combating them], KNAFU, Kharkiv, 272 p.
2. Savenkov, A. (1990), “Razrabotka vysokotochnykh vsepogodnykh sistem navedeniya malorazmernykh sredstv porazheniya ob'yektov VVT” [Development of high-precision all-weather guidance systems for small-sized means of destruction of weapons and military equipment objects], *Defense equipment*, No. 9, pp. 18-19.
3. Belov, A. and Valentinov, A. (1996), “Sovershenstvovaniye krylatoy rakety “Tomakhok” [Improving the Tomahawk cruise missile], *Foreign Military Review*, No. 11, pp. 44-49.
4. Turchinov, O.V. (2015), “Ukrayini potriben potuzhnyy raketnyy shchyt” [Ukraine needs a powerful rocket shield], *Official site of the National Security and Defense Council of Ukraine*, available at: [www.rnbo.gov.ua/news/2298.html](http://www.rnbo.gov.ua/news/2298.html) (accessed 12 July 2017).
5. Gurov, S.V. (2010), “Reaktivnaya sistema zalpovogo ognya 9K58 Smerch” [The 9K58 Smerch multiple rocket launcher system], Federal State Unitary Enterprise State Scientific Production Enterprise “Splav”, Tula, 206 p.
6. Orlov, A.R. (2002), “Osnovy ustroystva i funktsionirovaniya snaryadov reaktivnykh sistem zalpovogo ognya” [Fundamentals of the device and the operation of projectiles multiple rocket launchers], Tula State University, Tula, 156 p.
7. (2013), “Vso bol'she armiy mira stanovyatsya vladel'tsami krupnokalibernykh RSZO” [More and more armies of the world become owners of large-caliber MLRS], *Voyennoye obozreniye*, available at: [www.topwar.ru/1458-vladelcami-krupnokalibernyx-rszo-stanovyatsya-vse-bolshe-armij-mira.htm](http://www.topwar.ru/1458-vladelcami-krupnokalibernyx-rszo-stanovyatsya-vse-bolshe-armij-mira.htm) (accessed 12 July 2017).
8. *Reaktivnaya Sistema zalpovogo ognya “Smerch”* [Reactive salvo-fire-system “Smerch”], available at: <http://rbase.newfactoria.ru/missile/wobb/smerch/smerch.shtml>.
9. Available at: <https://www.segodnya.ua/ukraine/u-poroshenko-rasskazali-chtotakoe-olha-i-kak-ona-poyavilas-1133763.html>.
10. Sotnikov, A.M. and Tarshin, V.A. (2013), “Problemy i perspektivy razvitiia navigatsionnogo obespecheniia letatelnykh apparatov” [Problems and perspectives of navigation support aircraft], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 3(36), pp. 68-74.
11. Sotnikov, O.M., Tarshin, V.A. and Openko, P.V. (2013), “Problemy ta napryamky rozvytku korelyatsiyno-ekstremal'nykh system navedennya kеровanykh lital'nykh aparativ” [Problems and directions of the development of correlation-extreme systems for guiding controlled aircrafts], *Modern information technologies in the field of security and defense*, No. 3(18), pp. 93-96.

12. Sotnikov, A., Tarshyn, V., Yeromina, N., Petrov, S. and Antonenko, N. (2017), A method for localizing a reference object in a current image with several bright objects, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3, No. 9(87), pp. 68-74. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101920>.

13. Antyufeyev, V.I., Bykov, V.N., Grichanyuk, A.M. and Krayushkin, V.A. (2008), "Radiometricheskiye korrelyatsionno-ekstremal'nyye sistemy navigatsii letatel'nykh apparatov" [Radiometric correlation extremal navigation systems of aircraft], KNU of V. N. Karazin, Kharkov, 356 p.

14. Shcherbinin, V.V. (2011), "Postroyeniye invariantnykh korrelyatsionno-ekstremal'nykh sistem navigatsii i navedeniya letatel'nykh apparatov" [Construction of invariant correlation-extremal navigation and aircraft guidance systems], Publishing Moscow state technical University named after N.E. Bauman, Moscow, 230 p.

15. Sotnikov, A.M. (2012), "Obosnovaniye printsirov postroyeniya i razrabotka modeli korrelyatsionno-ekstremal'noy sistemy navedeniya kombinirovannogo tipa" [Justification of the principles of construction and development of a model of a correlation-extremal guidance system of the combined type], *Control, Navigation and Communication Systems*, No. 4(24), pp. 7-11.

Надійшла до редколегії 3.10.2018

Схвалена до друку 5.11.2018

#### Відомості про авторів:

##### Таршин Володимир Анатолійович

доктор технічних наук доцент  
професор Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-7059-6354>

##### Дергоусов Михайло Юрійович

магістр  
ад'юнкт Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5126-6787>

#### Information about the authors:

##### Volodymyr Tarshin

Doctor of Technical Sciences Associate Professor  
Professor of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-7059-6354>

##### Mykhailo Derhousov

Master  
Doctoral Student of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5126-6787>

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ РЕАКТИВНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СНАРЯДОВ ПО НАЗЕМНЫМ ЦЕЛЯМ

В.А. Таршин, М.Ю. Дергоусов

*Рассматриваются пути усовершенствования системы наведения (самонаведения) управляемых снарядов, которые применяются для поражения наземных объектов. Основное внимание уделяется обеспечению высокоточного местопределения снаряда и коррекции его траектории в процессе полёта к цели. Определяются задачи, которые должны быть решены для обеспечения высокоточного наведения управляемых снарядов на точечные цели и возможные пути их решения.*

**Ключевые слова:** корреляционно-экстремальные системы наведения, высокоточное поражение, спутниковые навигационные системы, снаряд, реактивная система залпового огня.

### IMPROVEMENT GUIDANCE SYSTEM OF THE REACTIVE CONTROLLABLE PROJECTILE FOR GROUND TARGETS

V. Tarshin, M. Derhousov

*Improvement of existing guided missile rocket launchers is mainly aimed at developing various variants of the combat part of the cassette or fragmentation-explosive type and increasing the flight range of the projectile. This, in turn, does not allow for defeat of targets with the necessary probability. The article considers ways to improve the guidance system (homing) of guided missiles for the damage to ground objects. In order to ensure circular probable deviation of the RCC shells of about several meters, which corresponds to the probability of defeating the target characteristic of high-precision controlled means of damage, in the course of the flight of the projectile it is necessary to correct the operation of the inertial guidance system using systems of the best order of accuracy. As such, satellite navigation systems, and correlation-extreme navigation systems (navigation) can be used. However, the use of satellite correction of the flight path of the guided missile does not provide conditions for autonomous guidance, as well as operational consideration of the change in the situation with regard to the object of damage. An alternative to the satellite correctional systems for controlling damage is the correlation-extreme guidance systems (CESN), the unconditional advantages of which are autonomy, high precision, immunity, as well as taking into account changes in the operational and tactical situation in the area of the object of damage, which is used for the MRZV shells. The tasks to be solved while being determined on the basis of the requirements put forward for a high-precision guidance system, as well as the characteristics of the flight of the shells itself. At the same time, the main focus is on providing the required mean square error in determining the spatial position of the projectile on the final section of the trajectory of its flight.*

**Keywords:** correlation-extreme guidance systems, high-precision damage, satellite navigation systems, projectile, jet system of salvo fire, blurry outlines.