

УДК 621.396

С.М. Богущкий

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

## НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БОЄПРИПАСІВ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ

*Сучасні бойові дії вимагають від військ діяти швидко та своєчасно, прицільно, гнучко та маневрено. Провідні країни світу перевагу віддають використанню високоточної зброї, яка на сьогодні здатна відповісти цим вимогам та дозволяє вирішувати поставлені завдання перед військами. Використання боеприпасів високої точності сьогодні дозволяє значно підвищити ефективність вогневого ураження, завдати значних втрат противнику, залишаючи при цьому неушкодженими цивільні об'єкти та мирне населення. Задача підвищення ефективності застосування боеприпасів високої точності за рахунок визначення та враховування системних похибок є актуальною та вкрай важливою. В статті проводиться аналіз системних похибок та надаються рекомендації щодо їх врахування при виконанні вогневих завдань боеприпасами високої точності*

**Ключові слова:** боеприпаси високої точності, систематична похибка пострілу, динамічна похибка пострілу.

### Вступ

**Актуальність.** В останні роки серйозно змінився облік воєнних дій. На зміну масштабним операціям з участю всіх родів військ прийшли бойові дії в міських умовах або проти ворога, який надає перевагу тактиці засідок. Все це серйозно впливає на облік збройних сил провідних країн світу і вимагає серйозної зміни тактики і стратегії. В складній ситуації в сучасних умовах виявилась артилерія через недостатню пристосованість до умов сучасного бою. Найбільшу ефективність артилерійські системи демонстрували при нанесенні ударів по цілям, які розміщались на значних площах в умовах загальновійськових операцій. Однак в сучасних антипартизанських операціях (як приклад – антитерористична операція на сході України) деякі особливості артилерії не дозволяють використовувати її з належною ефективністю. Традиційні шляхи розвитку артилерії потужність боеприпасів, дальність стрільби та ін. доповнилися дуже важливим напрямком, а саме, підвищенням точності стрільби.

Використання боеприпасів високої точності (БВТ), які з'явилися на озброєнні збройних сил більшості розвинутих країн, вносить корективи до класичної системи похибок, які супроводжують стрільбу артилерії. У відповідності до вимог «Правил стрільби...» [1] основним способом визначення установок для стрільби на ураження артилерійськими боеприпасами високої точності (керованими) є повна підготовка. В деяких випадках дозволяється визначати установки для стрільби способом скороченої підготовки, а в окремих випадках (при стрільбі керованими снарядами і мінами) – і без врахування метеорологічних та балістичних умов

стрільби. Однак при певних умовах може використовуватись пристрілка цілі (для коректованих боеприпасів – це основний спосіб визначення установок для стрільби на ураження).

У всіх випадках задача одна: за допомогою відповідних вимірювань і розрахунків або за рахунок проведення пристрілки як можна точніше врахувати умови стрільби і визначити установки для стрільби на поразку, при яких траєкторія польоту боеприпасу високої точності (середня траєкторія при виконанні вогневих задач одночасно декількома боеприпасами високої точності) проходить якнайближче до цілі. Однак внаслідок того, що всі заходи при підготовці стрільби супроводжуються похибками, траєкторія польоту снаряду (середня траєкторія), яка відповідає обчисленим установкам, не буде проходити через ціль (центр групової цілі), а відхиляється від неї на величину випадкової похибки визначення установок.

**Аналіз стану проблеми.** Можливості сучасних високоточних боеприпасів, які розробляються та приймаються на озброєння в арміях провідних країн світу:

- перехід від традиційних способів обстрілу групових цілей (стрільба по площі) до високоточного ураження окремих цілей;
- ураження цілей першим пострілом, без пристрілювання;
- ураження рухомих цілей;
- ураження цілей вдень та вночі з закритих і відкритих вогневих позицій;
- ураження цілей, що знаходяться на значній відстані одна від одної, без зміни установок стрільби;
- ураження значно укріплених цілей залпом декількох гармат.

Для сучасних високоточних боеприпасів характерною є висока ефективність бойового використання, можливість точного наведення на об'єкти ураження, що надзвичайно актуально при веденні бойових дій на обмежених територіях в населених пунктах для гарантування безпеки мирних жителів. Однак вартість сучасних високоточних боеприпасів залишається значною. Тому актуальною залишається задача підвищення точності за рахунок: вдосконалення системи наведення; розробки систем розвідки з використанням новітніх технологій для виявлення, розпізнавання та визначення координат цілі; врахування похибок, які супроводжують процес виконання бойового завдання по ураженню цілей високоточними боеприпасами.

В науково-технічній літературі широко розглянуті і всесторонньо вивчені процеси, які визначають похибки стрільби на ураження звичайними боеприпасами [2]. Похибки, пов'язані з визначенням установок стрільби для високоточних боеприпасів і сумарні похибки попадання в зону захоплення цілі розглянуті в [3], похибки системи наведе-

ння [4], похибки прицілювання [5]. Тому, метою статті є класифікація (деталізація) сумарних похибок, що супроводжують процес стрільби високоточними боеприпасами, для їх врахування та оцінки точності визначення установок для стрільби на ураження в умовах функціонування артилерійських розвідувально-вогневих комплексів.

## Основна частина

В арміях економічно розвинутих держав завжди традиційно приділялась велика увага розвитку високоточного озброєння, взірці якого в даний час стоять на озброєнні різних родів військ.

Так, на озброєнні артилерії Сухопутних військ Росії, Сполучених Штатів Америки, України знаходяться високоточні снаряди «Краснополь-М2» М712 «COPPERHEAD-2», М982 «Excalibur», «Квітник», які призначені для ураження малорозмірних цілей: об'єктів бронетанкової техніки, спостережних пунктів, вогневих точок та інших цілей. Основні характеристики сучасних БВТ наведені в табл. 1 [6-9].

Таблиця 1

Основні характеристики сучасних БВТ

Назва боеприпасу, країна	Загальна маса, кг	Маса бойової частини, кг	Дальність км	Калібр	Тип наведення
Квітник, Україна	48	8	20	152	ІЧ, напівактивна
М712 «COPPERHEAD-2», США	62	6,7	20	155	ІЧ, напівактивна
М982 «Excalibur», США	45,5	9,1	до 57	155	GPS+інерційна
ADC (ArtillerieDirigee Charge), Франція	46	-	25	155	радіолокаційна
BOSS (Bofors Optimised Smart Shell), Швеція	46	-	24	155	радіолокаційна
«Китолов», Російська Федерація	28	5,3	12	122	ІЧ, напівактивна
Краснополь-М2, Російська Федерація	54,3	11	24-26	152	ІЧ, напівактивна
«Сантиметр», Російська Федерація	49,5	8,5	18	152	ІЧ, напівактивна

Наявність у різних видів артилерійських боеприпасів високої точності загальних властивостей дозволяє виробити загальний підхід до розгляду системи похибок, які супроводжують стрільбу ними [10].

Аналіз процесу стрільби боеприпасами високої точності різних видів показує, що процес функціонування боеприпасів високої точності умовно можна розділити на два основних етапи:

перший етап – стрільба високоточними боеприпасами в зону захвату цілі або в зону захвату боеприпасу засобами наведення, на протязі якого боеприпас не управляється (летить як звичайний осколково-фугасний снаряд; в деяких видах снарядів (керованих) на цій же ділянці польоту починає

працювати автопілотний блок і на точність пострілу снаряду впливають також похибки функціонування системи наведення;

другий етап – наведення боеприпасу на ціль, яке відбувається тільки у випадку захоплення головою самонаведення цілі або відбитого від неї сигналу. В цьому випадку точність попадання в ціль буде залежати в деякій мірі, від точності пострілу в зону захоплення цілі, але в основному від точності роботи системи самонаведення, а для боеприпасів з напівактивною лазерною головою самонаведення (ГСН) і від правильності вибору точки підсвічування цілі.

Якщо похибки пострілу снаряду в зону захоплення цілі перевищують розміри зони, то або

захоплення відбитого сигналу не відбувається, при цьому під дією сигналу компенсації ваги снаряд летить на максимальну, для обраного балістичного варіанту дальність, або, у випадку захоплення відбитого сигналу ГСН система управління не здатна компенсувати промах і снаряд не влучає у ціль.

Таким чином, в процесі стрільби боеприпасами високої точності по цілі необхідно окремо розглядати джерела похибок, які супроводжують стрільбу до початку процесу управління і в процесі управління [11].

У відповідності з цим вся сукупність похибок, які супроводжують стрільбу, може бути представлена у вигляді двох груп похибок:

похибки пострілу боеприпасу високої точності в зону захоплення цілі або в зону захоплення боеприпаси засобами наведення;

похибки наведення боеприпаси високої точності на ціль.

Проведені дослідження показують [11], що на відміну від класичної теорії стрільби звичайними артилерійськими боеприпасами, де похибки пострілу включають в себе всю сукупність похибок, які супроводжують стрільбу, при стрільбі боеприпасами високої точності похибками пострілу, які характеризують точність доставки боеприпаси до цілі є тільки похибки другої групи – похибки наведення боеприпаси високої точності на ціль, а похибки пострілу в зону захоплення цілі визначають можливість здійснення управління польотом снаряду.

Похибки пострілу боеприпасу в зону захоплення характеризуються відхиленням положення точок пострілу боеприпасу високої точності відносно зони захоплення цілі (зони захоплення снаряду радіолокаційним комплексом).

Вони в свою чергу складаються з двох незалежних груп похибок:

похибок, які повторюються, або похибок визначення установок для стрільби, випадкові значення яких залишаються незмінними для всіх пострілів даної гармати по даній цілі;

похибок, які не повторюються, або похибок внаслідок технічного розсіювання і особливостей функціонування автопілотного блоку, випадкові значення яких змінюються від пострілу до пострілу.

Похибка, яка повторюється призводить до відхилення центру боеприпасу високої точності від центру зони захоплення на величину  $\bar{\Delta}_{Дп}$ . Відхилення внаслідок технічного розсіювання і роботи автопілотного блоку боеприпасу високої точності при пострілі і на балістичній ділянці траєкторії для кожного і-го пострілу мають свої випадкові значення, які призводять до відхилення боеприпасу

високої точності на величину  $\bar{\Delta}_{Дп}$  відносно центру розсіювання.

Введення в контур управління ряду боеприпасів високої точності системи компенсації дії сил тяжіння (для забезпечення більших значень кутів підходу до цілі) призводить до появи додаткових складових в похибку, яка не повторюється, за рахунок технічного розсіювання на ділянці інерційного наведення.

Таким чином, похибка пострілу високоточного боеприпасу в зону захоплення цілі (в зону захоплення снаряду засобами наведення) є сумарною випадковою похибкою і може бути визначена по залежності

$$\bar{\Delta}_{пстрл} = \bar{\Delta}_{Дп} + \overline{\Delta}_{Дп} . \quad (1)$$

Переходячи до проекцій похибок на осі координат, отримаємо

$$X_{пстрл} = \Delta X_{пп} + \Delta X_{рп} ; \quad (2)$$

$$Y_{пстрл} = \Delta Y_{пп} + \Delta Y_{рп} ; \quad (3)$$

$$Z_{пстрл} = \Delta Z_{пп} + \Delta Z_{рп} . \quad (4)$$

Визначення установок для стрільби боеприпасами високої точності супроводжується, аналогічно осколково-фугасним снарядам, класичною системою похибок, складові якої визначаються по відомим для них залежностям [12].

Випадкові відхилення боеприпасів високої точності внаслідок технічного розсіювання в загальному випадку є наслідком:

випадкових збуджень, які отримує снаряд при пострілі з гармати;

відхилення параметрів металюного заряду, планеру снаряду, розгінного двигуна (донного газогенератора);

змiнами умов стрільби під час пострілу і польоту снаряду:

різноманітність метеорологічних умов стрільби,

вплив наслідків газів,

форми, маси і положення центру тяжіння снарядів);

відхилення параметрів інерційного гіроскопу, рульового приводу і частоти обертання снарядів.

Похибки внаслідок технічного розсіювання мають нормальний розподіл і можуть характеризуватися середніми похибками по дальності, напрямку і висоті ( $\sigma_D; \sigma_H; \sigma_B$ ), які визначаються із залежностей:

$$\sigma_D = \sqrt[2]{\sigma_{Дв}^2 + \sigma_{Д\theta}^2 + \sigma_{Дс}^2 + \sigma_{Ди}^2} ; \quad (5)$$

$$\sigma_H = \sqrt[2]{\sigma_{\sigma\theta}^2 + \sigma_{\sigma z}^2 + \sigma_{\sigmaи}^2} ; \quad (6)$$

$$\sigma_B = \sigma_D \tan \theta_i. \quad (7)$$

де  $\sigma_{Dv}; \sigma_{D\theta}; \sigma_{Dc}; \sigma_{Di}$  – серединні відхилення дальності польоту внаслідок різноманітності значень початкової швидкості польоту, кута кидання, балістичного коефіцієнту і технічного розсіювання на інерційній ділянці наведення;

$\sigma_{\sigma\theta}; \sigma_{\sigma z}; \sigma_{\sigma_{\text{си}}}$  – серединні відхилення напрямку польоту внаслідок різноманітності значень кутів вильоту снарядів в горизонтальній площині, деривації і технічного розсіювання на інерційній ділянці наведення;

$\theta_i$  – кут нахилу дотичної до траєкторії на момент часу, який розглядається.

При попаданні боєприпасів високої точності в зону захоплення починається процес управління польотом, який супроводжується похибками наведення на ціль.

Випадкова похибка наведення високоточного боєприпасу на ціль характеризується відхиленням положення точок розривів відносно точки прицілювання.

Аналогічно з похибками стрільби боєприпасів високої точності в зону захоплення вона може бути представлена у вигляді двох незалежних груп похибок:

похибок, які повторюються, або похибок визначення положення точок прицілювання;

похибок, які не повторюються, або похибок наведення, які притаманні кожному типу систем наведення боєприпасів високої точності.

Похибки, які повторюються, призводять до відхилення центру розсіювання боєприпасу високої точності відносно точки прицілювання на величину похибки визначення положення точки прицілювання. В якості такої похибки слід відзначити:

при стрільбі керованими артилерійськими снарядами з напівактивною лазерною системою наведення – похибки утримання лазерного променя на цілі оператором;

при стрільбі боєприпасами високої точності з автономними головками самонаведення (координаторами цілі) – похибки прицілювання;

при стрільбі радіокерованими артилерійськими снарядами – похибки визначення координат цілі.

Ці похибки в цілому залежать від технічних характеристик систем виявлення цілі і елементів, які вимірюють параметри руху боєприпасів високої точності на керованій ділянці польоту.

Похибка, яка не повторюється призводить до відхилення положення точки підриву боєприпасу високої точності відносно точки розсіювання і характеризується, в основному, інструментальними і методичними похибками.

Інструментальна похибка з'являється в наслідок відхилення параметрів елементів системи керування (елементів оптико-електронної системи головок самонаведення або координаторів цілі, елементів блоків автоматики, джерел живлення і рульових приводів) і може бути охарактеризована круговою серединною інструментальною похибкою  $\sigma_{\text{ин}}$ , яка визначається дослідним шляхом.

Методична похибка обумовлена, головним чином, відмінностями дійсних умов управління боєприпасу високої точності від нормальних (в першу чергу пульсацій швидкості і напрямку вітру на керованій ділянці), а також змінами швидкості і напрямку руху цілі. Вона може бути охарактеризована середніми методичними похибками.

Однак, як показують проведені дослідження значення методичних похибок при швидкості вітру до 25 м/с і швидкості цілі до 40 км/год. малі, тому похибка управління може бути охарактеризована тільки круговою серединною інструментальною похибкою.

При більших значеннях параметрів, які розглядаються, використання боєприпасів високої точності недоцільно, так як закладені в систему управління можливості не дозволяють компенсувати похибки, які викликані відхиленням дійсних умов від нормальних.

Виходячи з вищенаведеного похибка наведення боєприпасу високої точності на ціль може бути охарактеризована серединними похибками наведення по дальності, напрямку і висоті, що визначаються по залежностям:

$$\sigma_{DВ} = \sqrt{\sigma_{D\text{тп}}^2 + \sigma_{\text{ин}}^2}; \quad (8)$$

$$\sigma_{HВ} = \sqrt{\sigma_{H\text{тп}}^2 + \sigma_{\text{ин}}^2}; \quad (9)$$

$$\sigma_{BВ} = \sqrt{\sigma_{B\text{тп}}^2 + \sigma_{\text{ин}}^2}; \quad (10)$$

де  $\sigma_{DВ}; \sigma_{HВ}; \sigma_{BВ}$  – серединні похибки по дальності, напрямку і висоті внаслідок похибок визначення положення точок прицілювання.

Так як при стрільбі боєприпасами високої точності кожний снаряд отримує свої індивідуальні команди наведення, незалежно від кількості гармат, які залучаються для ураження цілі, коефіцієнти кореляції, що характеризують залежність між різними пострілами боєприпасу високої точності, визначаються за формулами:

$$k_x = \sigma_{D\text{ц}}^2 / \sigma_{DВ}^2; \quad (11)$$

$$k_y = \sigma_{H\text{ц}}^2 / \sigma_{HВ}^2; \quad (12)$$

$$k_z = \sigma_{B\text{ц}}^2 / \sigma_{BВ}^2; \quad (13)$$

де  $\sigma_{Дц}$ ;  $\sigma_{Нц}$ ;  $\sigma_{Вц}$  - похибки визначення установок для стрільби по дальності, напрямку і висоті, відповідно.

## Висновки

Таким чином, проведено аналіз системи похибок, що супроводжують стрільбу автоматизованих гармат перспективними боеприпасами, з врахуванням особливостей функціонування підсистеми розвідки, підсистеми забезпечення, що призводять до суттєвого зменшення ваги батареїних і збільшення гарматних похибок.

Проведений аналіз дозволяє перейти до оцінки точності визначення установок для стрільби на ураження в умовах функціонування артилерійських розвідувально-вогневих комплексів.

## Список літератури

1. Рябоконт В.М. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата: Навчальний посібник / В.М. Рябоконт, П.Й. Руденко, П.В. Палениця, О.В. Смірнов. – Львів: ЛІСВ, 2009. – 292 с.
2. Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии. Учебник. – М.: Военно-артиллерийская академия, 1978. – 454 с.
3. 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. – Х.: ХУПС, 2011. – № 3 (27). – С. 2-7.
4. Пособие по изучению правил стрельбы и управления огнем артиллерии. Ч. 1 – М.: Воениздат, 1985. – 360 с.

5. Стрельба и управление огнем артиллерийских подразделений / Под ред. В.М. Волобуева. – М.: Воениздат, 1987. – 440 с.

6. Квітник (управляемый снаряд): материал из Википедии [Электронный ресурс] / – Режим доступа до матеріалу : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Квітник\\_\(управляемый\\_снаряд\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Квітник_(управляемый_снаряд)).

7. Керований артилерійський снаряд «Квітник» [Электронный ресурс] – Режим доступа до матеріалу : [http://www.wikiwand.com/uk/Квітник\\_\(боеприпас\)](http://www.wikiwand.com/uk/Квітник_(боеприпас)).

8. Растопшин М. Артиллерийские высокоточные боеприпасы / М. Растопшин [Электронный ресурс]. – Режим доступа до матеріалу : <http://otvaga2004.ru/kaleydoskop/kaleydoskop-ammo/vysokotochnye-boeprisy/>.

9. Высокоточные артиллерийские боеприпасы [Электронный ресурс] / – Режим доступа до матеріалу : [http://47186.ucoz.ru/publ/vysokotochnye\\_artillerijskie\\_boeprisy/1-1-0-3](http://47186.ucoz.ru/publ/vysokotochnye_artillerijskie_boeprisy/1-1-0-3).

10. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнём артиллерии / Под ред. А.А. Бобрикова. – СПб.: АВН, 2006. – 424 с.

11. Растопшин М.М. Артиллерийские высокоточные боеприпасы / М. Растопшин // Техника и вооружение, 1999. – № 8. – С. 87-93.

12. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии [Под ред. Волобуева В.И.] – М.: Воениздат, 1987. – 376 с.

Надійшла до редколегії 26.08.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук співр. А.М. Зубков, Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

## НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

С.Н. Богуцкий

Современные боевые действия требуют от войск действовать быстро и своевременно, прицельно, гибко и маневренно. Ведущие страны мира отдают предпочтение использованию высокоточного оружия, которое сегодня способно отвечать этим требованиям и позволяет решать поставленные перед войсками задачи. Использование боеприпасов высокой точности сегодня позволяет значительно повысить эффективность огневого поражения, нанести значительные потери противнику, оставляя при этом неповрежденными гражданские объекты и мирное население. Задача повышения эффективности применения боеприпасов высокой точности за счёт определения и учёта системных ошибок является актуальной и крайне важной. В статье проводится системный анализ ошибок и даются рекомендации по их учёту при выполнении огневых задач боеприпасами высокой точности.

**Ключевые слова:** боеприпасы высокой точности, систематическая ошибка выстрела, динамическая ошибка выстрела.

## AREAS OF INCREASING EFFICIENCY AMMUNITION PRECISION

S.M. Bogutsky

Modern military operations require troops to act quickly and promptly, precisely, flexible and maneuverable. The experience of leading countries on the use of precision weapons, which is able to meet current requirements and allow troops to solve the problem. The use of precision munitions today can significantly increase the effectiveness of fire damage, cause significant losses to the enemy, while leaving intact civilian targets and civilians. The task of improving the efficiency of the use of precision munitions by definition and calculation system error is urgent and critical. The article analyzes the errors and system recommendations for their consideration when performing tasks ammunition firing precision.

**Keywords:** ammunition precision, systematic error of the shot, the dynamic error of the shot.