

УДК 621.396.96

Ю.І. Бударецький

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

## СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ З ГАРМАТ ЗІ ЗНАЧНИМ ЗНОСОМ КАНАЛУ СТВОЛА

Детально проаналізовано похибки стрільби наземної артилерії за рахунок початкових збурень руху снаряду внаслідок виникнення його нутаційних коливань при стрільбі з гармат зі значно зношеним каналом ствола, та при розігріві ствола під час інтенсивної стрільби з гармат з середнім зносом каналу ствола. Запропоновано спосіб підвищення точності балістичної підготовки стрільби та артилерійська балістична станція, яка реалізує цей спосіб.

**Ключові слова:** нутаційні коливання, перспективна балістична станція.

### Вступ

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Під час балістичної підготовки стрільби найбільш точне визначення початкової швидкості снаряда з каналу ствола відбувається за допомогою артилерійської балістичної станції. При цьому по реалізаціям доплерівського ехо-сигналу, що відбувається від снаряду, визначаються поточні значення швидкості. На підставі цих значень за допомогою лінійного методу апроксимації проводиться приведення вимірної швидкості снаряда до дульного зрізу ствола. При сучасних методах балістичної підготовки стрільби артилерійська балістична станція АБС-1М за штатом знаходиться в дивізіоні і призначена в основному для визначення відхилення початкової швидкості вильоту снаряду від табличного значення для контрольної гармати дивізіону  $\Delta V_{0\text{сумКГ}}$ . На підставі  $\Delta V_{0\text{сумКГ}}$  в подальшому визначаються  $\Delta V_{0\text{сумОГ}}$  для основних та інших гармат батареї [1].

Відомі методи балістичної підготовки стрільби снарядів (мін) не враховують умов вильоту снаряду (міни) із каналу ствола, які визначають характер нутаційних коливань снаряду (міни) на траєкторії. У цих умовах актуальними стають дослідження ступеня впливу різноманітних збуджуючих факторів на політ снарядів (мін), визначення основних балістичних факторів, вплив яких належить враховувати під час стрільби снарядів (мін), оцінка точності сучасних методів і засобів балістичної підготовки, а також дослідження необхідності врахування впливу нутаційних коливань на відстань польоту снарядів (мін) і розробка методів, що підвищують точність балістичної підготовки стрільби.

**Аналіз останніх досліджень з цієї проблеми.** При стрільбі з гармат зі значно зношеним каналом ствола, та при розігріві ствола під час інтенсивної стрільби для гармат з середнім зносом каналу ствола відбуваються суттєві збурення руху снаряда на початковій ділянці траєкторії за рахунок виникнення

нутаційних коливань. З довідкових даних і проведених досліджень відомо що:

під час стрільби з гармат, що мають новий ствол, максимальне значення кутів нутації на початковій ділянці траєкторії складає  $\delta_{\text{max1}} = 3 \div 4^0$ ;

для гармат з середньо зношеним каналом ствола  $\delta_{\text{max1}} = 5 \div 10^0$ ;

для гармат зі значно зношеним каналом ствола або під час розігріву ствола з середнім зношеним каналом ствола  $\delta_{\text{max1}} = 11 \div 15^0$  [2, 3].

Тому визначення початкової швидкості снаряду по реалізаціям доплерівського ехо-сигналу, що відбувається від снаряда на відстанях 100 – 150 м, так, як це відбувається при використанні АБС-1М і знаходження по таблицям стрільби на її підставі поправок в приціл, призводить до значних похибок у дальності, які досягають 1,5 – 2% відстані стрільби [3].

Наявність таких похибок може привести до невиконання бойової задачі.

### Виклад основного матеріалу

Аналіз останніх досліджень показує, визначення початкової швидкості вильоту снаряду доцільно робити на підставі поточних значень його швидкості, що отримані по реалізаціям доплерівського зміщення частоти ехо-сигналу, який отримано як биття між зондуючим і сигналом, що відбивається від снаряду на відстанях згасання нутаційних коливань до незначної величини. Емпіричний вираз для розрахунку дальності затухання нутаційних коливань  $S_\delta$  може бути записаний як [2]:

$$S_\delta \approx \frac{4,606 \lg(\delta_{\text{max1}} / \Delta \delta_{\text{доп1}})}{C_D + C_N + (C_D - C_N - C_\Gamma) / \sqrt{\delta_0}}, \quad (1)$$

де  $\delta_{\text{max1}}$  – максимальне значення кута нутації; визначаються досвідним шляхом при стрільбі по мішеням на балістичній трасі;  $\delta_{\text{min1}}$  – мінімальне значення кута нутації;  $C_\Gamma$  – аеродинамічний коефіцієнт мо-

менту гальмуючого обертання;  $C_N$  – аеродинамічний коефіцієнт підйомної сили;  $C_d$  – аеродинамічний коефіцієнт екваторіального демфіруючого моменту;  $\Delta\delta_{\text{доп1}} = \delta_{\text{max1}} - \delta_{\text{min1}}$  – амплітуда кута нутації;  $\delta_0 = 1 - 4b_R / \Omega^2$  – коефіцієнт гіроскопічної стійкості;  $b_R = (d^2 h / g) \cdot 10^3 N(y) C_{M(u/a)}$  – опрокидуючий момент;  $h = h_1 + 0,57h_T - 0,16d$  – плече опрокидуючого моменту;  $h_1$  – відстань від ЦМ до основи головної частини;  $h_T$  – висота головної частини;  $d$  – калібр снаряда;  $N(y)$  – відносна густина на висоті  $y$ ;  $\Omega$  – кутова швидкість прецесії.

В результаті дослідження впливу різних факторів на характер і параметри нутаційних коливань були отримані залежності максимальних величин кутів нутації на ділянці затухання  $S_\delta$  від виду і величини початкового збудження для різних снарядів (мін), що досліджувалися. З виразу (1) видно, що нутаційні коливання затухають за мірою віддалення снаряду від точки вильоту.

Як показали попередні дослідження, вплив кутів нутації менше  $3-4^\circ$  на відстань стрільби незначний і не вимагає додаткового обліку, оскільки вже враховується за допомогою основної табличної залежності, що визначається за допомогою відстрілу [2, 3]. Тому в подальшому віддалю затухання нутаційних коливань  $S_\delta$  будемо називати мінімальну відстань від дульного зрізу ствола, на якій під час стрільби із гармат зі значним зносом каналу ствола, або при його значному розігріві під час інтенсивної стрільби із гармат з середнім зносом каналу ствола, максимальне значення кутів нутації не перевищує  $3-4^\circ$ .

Результати розрахунків по залежності (1) щодо визначення відстані затухання нутаційних коливань для різних типів снарядів (мін) залежно від величини  $\delta_{\text{max1}}$  приведені у табл. 1.

Таблиця 1

Віддаль затухання нутаційних коливань снарядів (мін)  $S_\delta$  [м]

Варіанти снарядів (мін) \ $\delta_{\text{max1}}$ [град]	5	8	10	13	15
152-мм СГ 2С3 (ОФ-540)	420	990	1310	1680	1810
122-мм Г Д30 (ОФ-462)	210	680	1090	1410	1620
120-мм М	160	250	530	820	

Аналогічні дослідження проведено для самохідної пушки (СП) 2С5 і протитанкової пушки (П) [2]. Визначено, що для 152 мм СП 2С5 і 152 мм П 2А36  $S_\delta$  складає 2300 – 2500 м.

На основі проведених досліджень [2] і даних, що наведені у табл. 1 можна зробити висновок щодо необхідності вимірювань поточних значень швидкості руху снаряду на відстані 1800 - 2500 м для снарядів і 800 м для мін від точки вильоту снаряду (мі-

ни) з каналу ствола під час стрільби з гармат зі значно зношеним каналом ствола або розігріву ствола під час інтенсивної стрільби з гармат з середньо зношеним каналом ствола. Такий висновок вимагає розробки перспективної балістичної станції (ПБС) з значно вищими характеристиками ніж їх має АБС-1М. При чому для зменшення батареїної похибки балістичної підготовки стрільби ПБС повинна обслуговувати кожну гармату батареї [3].

Підвищена дальність виявлення і супроводу малорозмірних цілей вимагає значного підвищеного енергетичного потенціалу при реалізації ПБС. Його забезпечення досягається шляхом відповідних підвищень потужності передавального і чутливості приймального трактів, а також за рахунок оптимізації антенно-хвильового тракту. Крім того, задача підвищення енергетичного потенціалу ПБС обумовлює пошук шляхів зменшення впливу спектральної густини потужності шумів передавального тракту на вхідні ланцюги приймального тракту. Реалізація таких шляхів, в свою чергу, вимагає суттєвого зменшення рівня спектральної густини потужності шумів передавального тракту і збільшення розв'язки передавального і приймального трактів. Найбільш ефективно це досягається за рахунок оптимізації кол синтезу зонduючого сигналу і використання окремих антен на передачу зонduючого і прийом відбитого від снаряда (міни) ехо-сигналу.

Крім того, значне підвищення енергетичного потенціалу за рахунок збільшення коефіцієнту підсилення приймально-передаючих антен, веде до звуження ширини їх діаграм спрямованості, що для забезпечення надійного контакту з ціллю обумовлює встановлення ПБС безпосередньо на противовідкатних пристроях гармат. Такий варіант встановлення ПБС значно зменшує похибку за рахунок усунення паралаксу і підвищує точність вимірювання поточних значень швидкості снаряда (міни), однак обумовлює більш значні вимоги до зовнішніх впливів механічних факторів в порівнянні з варіантом встановлення балістичної станції з боку від гармати, як це відбувається згідно з інструкції по експлуатації АБС-1М.

Крім вказаних особливостей при створенні експериментального зразка ПБС враховувались останні досягнення світової і вітчизняної промисловості в створенні твердотільної елементної бази для реалізації малозумлячих підсилювачів приймального тракту і підсилювачів потужності передавального тракту в тій частині міліметрового діапазону хвиль, яка має найменший коефіцієнт згасання при розповсюдженні в приземних шарах атмосфери – 36 ГГц. Це дозволило значно зменшити масо-габаритні характеристики ПБС в порівнянні з АБС-1М.

На рис. 1 і 2 показані варіанти встановлення експериментального зразка ПБС на самохідну гармату 2С3 і на причіпну гармату Д30.



а



б

Рис. 1. Встановлення і експериментальні дослідження ПБС на СГ 2С3



а



б

Рис. 2. Встановлення і експериментальні дослідження ПБС на Д30

## Висновок

Проведенні дослідження експериментального зразка під час навчальних стрільб курсантів на Міжнародному центрі миротворчості та безпеки показали, що порівняльно з АБС-1М, використання ПБС надає можливість суттєвого зменшення похибки стрільби в дальності при застосуванні з гармат зі значним зносом каналу ствола.

**Перспективи подальших розробок.** В рамках подальших досліджень планується дослідити роботу цифрового слідкуючого вимірювача ПБС і оптимізувати його роботу для оцінки швидкості руху снаряду на значних дальностях від зрізу каналу ствола.

## Список літератури

1. Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов. МО: воениздат, 1973. – 184с.
2. Макеев В.И. Пути повышения эффективности стрельбы АРС (АРМ) совершенствованием методов и средств баллистической подготовки. Дис. канд. техн. наук – Л., 1982. – 327с.
3. Ляпа М.М, Макеев В.И., Петренко В.М. Перспективні методи та засоби балістичної підготовки стрільби / М.М. Ляпа.// "Вісник СумДУ. Серія Технічні науки". – 2007. - №3. – С. 45-56.

Надійшла до редколегії 8.04.2015

**Рецензент:** д-р військ. наук, проф. Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРЕЛЬБЫ С ОРУДИЙ СО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ИЗНОСОМ КАНАЛА СТВОЛА

Ю.И. Бударецкий

*Подробно проанализировано ошибки стрельбы наземной артиллерии за счет начальных возмущений движения снаряда вследствие возникновения его нутационных колебаний при стрельбе из орудий со значительным износом канала ствола и при разогреве ствола во время интенсивной стрельбы из орудий со средним износом канала ствола. Предложено способ повышения точности баллистической подготовки стрельбы и артиллерийская баллистическая станция, которая реализует этот способ.*

**Ключевые слова:** нутационные колебания, перспективная баллистическая станция.

## WAYS TO INCREASE THE FIRING FROM CANNONS WITH THE SIGNIFICANT DEPRECIATION OF THE BARREL

Y.I. Budaretskiy

*Analysed in details the mistakes of firing from ground artillery caused by the projectile's initial perturbations due to its nutation oscillations at firing from the cannons with significant depreciation of barrel, and due to barrel's heating during intensive firing from the cannons with average barrel depreciation. There are suggested ways to improve an accuracy of ballistic fire preparation, and artillery ballistic station where this method is implemented.*

**Keywords:** nutation oscillations, promising ballistic station.