

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДООСНАЩЕННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ РЛС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВИЛЬОТУ СНАРЯДА

В статті проведено аналіз системи похибок, які супроводжують стрільбу артилерії. Показано, що серединна похибка визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів залежить від порядку ураження цілі. При стрільбі дивізіоном вона складається з серединної похибки визначення сумарного відхилення початкової швидкості контрольної гармати за допомогою штатної артилерійської балістичної станції (АБС), серединної похибки визначення різною основних гармат відносно контрольної, серединної похибки визначення різною гармат батареї відносно основних, серединної похибки визначення відхилення початкової швидкості снарядів з причини зносу каналу ствола гармати, при цьому загальна серединна похибка для дивізіону досягає порядку $0,62\% V_0$. При стрільбі батареєю вона складається з серединної похибки у визначенні різною основних гармат відносно контрольної, серединної похибки у визначенні різною гармат батареї відносно основних, серединної похибки у визначенні відхилення початкової швидкості снарядів з причини зносу каналу ствола гармати, при цьому загальна серединна похибка у визначенні відхилення початкової швидкості снарядів для батареї досягає порядку $0,58\% V_0$. У випадку оснащення кожної гармати балістичною станцією серединна похибка визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряду як для дивізіону, так і для батареї буде складати $0,2\% V_0$, що втричі менше від штатного застосування АБС в складі дивізіону. Таким чином, зменшивши серединну похибку визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів і, відповідно, серединні похибки підготовки, можливо значно зменшити відхилення центрів розсіювання снарядів від цілі і за рахунок цього підвищити ефективність застосування підрозділів артилерії.

Ключові слова: артилерійська балістична станція, серединна похибка, РЛС визначення початкової швидкості снаряду, відхилення початкової швидкості снаряду, ефективність застосування артилерійських підрозділів.

Постановка проблеми. Сучасні збройні конфлікти з відсутньою суцільною лінією фронту, де ведення бойових дій відбувається поблизу населених пунктів, які противник і незаконні збройні формування використовують для прикриття своїх підрозділів, висувають підвищені вимоги до точності вогню артилерійських систем, потребують постійного удосконалення форм і способів застосування військ, підвищення їх ефективності та покращення бойових властивостей і технічних характеристик озброєння та військової техніки. Збройні конфлікти характеризуються розширеними просторовими та скороченими часовими показниками виконання завдань, необхідністю високого ступеня ураження цілей, високою швидкістю маневрування військами та вогнем. Крім того, світовий досвід проведення антитерористичних операцій показує, що окремі взводи і окремі артилерійські системи (АС) досить часто використовуються в автономному режимі для виконання завдань вогневого ураження, в тому числі і для стрільби із закритих вогневих позицій. В цьому випадку на ефективність ураження цілей суттєво впливають похибки визначення даних для стрільби на поразку кожної окремої АС. Найбільшу вагу в загальній системі похибок [5] мають похибки балістичної та метеорологічної підготовки.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Враховуючи значну частку похибки балістичної підготовки в загальній складовій похибки повної підготовки стрільби артилерійських систем (в деяких системах вона складає до 50%) в багатьох випадках ефективність стрільби залежить від якості проведення заходів балістичної підготовки для кожної АС. Тому передові у військовому відношенні країни світу при створенні і модернізації АС, оснащують кожну з них артилерійськими балістичними станціями (АБС) з метою підвищення точності стрільби [8,9,10].

Наприклад, програма модернізації британської самохідної гармати AS90 Braveheart 155mm self-propelled howitzer передбачає оснащення її АБС, яка інтегрована до

автоматизованої системи управління наведенням та вогнем (АСУНВ) LINAPS (Laser Inertial Automatic Pointing System) англійської фірми «BAe системз», що адаптована для використання на AS90. Основною складовою частиною АБС є радіолокаційна станція (РЛС), яка призначена для вимірювання швидкості вильоту снаряду (ВШВС).

В якості стандарту для оснащення артилерійських систем армії, корпусу морської піхоти США вибрана РЛС M94, для M109A6 PALADIN - РЛС M93.

Програма модернізації французької AU-F1 (155 GCT) 155mm self-propelled howitzer, яка перебуває на озброєнні сухопутних військ, передбачає оснащення її високодинамічною РЛС ВШВС (GCT - Grand Cadence de Tir - high rate of fire).

Програма модернізації в ЮАР колісної самохідної G6-52 Rhino 155mm self-propelled gun-howitzer передбачає оснащення її РЛС міліметрового діапазону, яка інтегрована до АСУНВ.

За програмою Panzerhaubitze 2000 155 mm Self-Propelled Howitzer в Німеччині була створена найсучасніша самохідна артилерійська система, спроможна вести автономні бойові дії. Вона оснащена цифровою системою управління вогнем, до складу якої входять інтегровані в єдиний комплекс засобів автоматизації (КЗА) наступні складові частини: РЛС, балістичний обчислювач, модульна система автоматичного заряджання, система MRSI (Multiple Rounds Simultaneous Impact).

Артилерійська система, що створена за програмою Soltam Atmos 2000, для армії Ізраїлю, оснащується комп'ютером системи управління вогнем, РЛС ВШВС, інерціальною навігаційною системою і системою розвідки об'єктів (цілей) противника.

В перерахованих програмах РЛС ВШВС являють собою легковаговий радар, розроблений за останнім словом техніки для застосування в польовій артилерії. Це забезпечує вимірювання швидкості усіх типів артилерійських снарядів, включаючи активно-реактивні та снаряди з донним газогенератором. Такі РЛС мають вбудований функціональний контроль, високу ступінь надійності й легкі в обслуговуванні. Як правило, в свою чергу, вони складаються з приймально-передавального модуля, що встановлюється на опорно-поворотному пристрої, модуля обробки та відображення інформації, комплексу кабелів з'єднання та підключення. До складу РЛС ВШВС, крім того, входять акумуляторна батарея й пакувальний ящик для транспортування. Такі РЛС в переважній більшості інтегровані в загальну систему автоматизованого управління вогнем. Для визначення початкової швидкості снарядів (V_0) і подальшої передачі її значень в комп'ютеризовану систему корекції установок для стрільби в них використовують ефект Доплера в комбінації з цифровою обробкою сигналів. Дооснащення АС РЛС ВШВС дозволяє усунути основні похибки балістичної підготовки стрільби, які вносять найбільший вклад у сумарну похибку підготовки установок для стрільби. За оцінкою іноземних фахівців дооснащення кожної АС РЛС ВШВС дозволяє значно підвищують точність стрільби, що в свою чергу впливає на ефективність ураження цілей і оперативність підготовки даних для стрільби.

Аналізуючи вітчизняні засоби балістичної підготовки стрільби слід відмітити, що в артилерійських підрозділах Сухопутних військ Збройних Сил України на озброєнні в дивізіоні знаходяться переносні (в переважній більшості непрацюючі) АБС типу АБС-1М. Згідно Збірника нормативів з бойової підготовки для спеціалістів і підрозділів артилерії для підготовки до роботи таких АБС на оцінку добре потрібно 5 хвилин, для визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряду ще 4 хвилини [7]. При застосуванні такої АБС відсутність інформаційного стику з КЗА управління вогнем обумовлює те, що на визначення балістичних умов стрільби в дивізіоні (батареї) може бути затрачено від 10 до 60 і навіть до 140 хвилин [4]. При такому стані автоматизації балістичної підготовки стрільби використання АБС-1М стає малоефективним, а в умовах високоманеврених бойових дій – недоцільним.

З метою спрощення роботи командирів гармат та при відсутності АБС в батареї Правила стрільби рекомендують підбирати гармати так, щоб їх різнобій не перевищував $0,5 \%V_0$ [2] і Керівництво з бойової роботи дозволяє не вводити гарматі індивідуальні

поправки у рівень (приціл) та установку підривника (трубки), якщо різнобій гармати відносно основної не перевищує $0,5\%V_0$ [6]. За розрахунками для САУ 2С19 на дальності 20 км неврахування таких допусків приводить до похибки в дальності – 121 м.

Крім того, внаслідок розігрівання стволів гармат в ході виконання вогневих завдань початкова швидкість та балістичний коефіцієнт снарядів можуть змінюватися, що значно впливає на точність стрільби. Для окремих артилерійських систем та номерів зарядів, значення помилок може досягати 1,8 % топографічної дальності (при стрільбі на 20 км для САУ 2С19 це буде складати 360 м) [4]. Водночас, досвід бойових стрільб показує, що використання зарядів різних партій при стрільбі батареї з причини їх різних властивостей, що впливають на дальність стрільби, без точного визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів (в т.ч. порохової поправки) навіть не дозволяє закінчити пристрілку, не кажучи вже про виконання завдань на основі повної підготовки. Тому оснащення гармат балістичними станціями дозволяє уникнути таких великих помилок при стрільбі, а їх інформаційне спряження з АСУНВ – значно скоротити час підготовки даних для стрільби.

Слід відмітити, що в ході виконання вогневих завдань може виникнути необхідність стрільби на невідстріляному номері заряду. У цьому випадку $\Delta V_{0\text{сум}}$ визначають для невідстріляного номеру заряду за допомогою коефіцієнту переходу $K_{\text{пер}}$. Коефіцієнт переходу $K_{\text{пер}}$ – це відношення поправочних коефіцієнтів внутрішньої балістики на зміну початкової швидкості снарядів внаслідок зміни калорійності пороху для невідстріляного та відстріляного номерів заряду. Значення коефіцієнтів переходу $K_{\text{пер}}$ наведені у додатку 2 правил стрільби і управління вогнем артилерії [2]. Такий перерахунок можливий лише тільки для тих номерів зарядів та тих артилерійських систем, що наведені у додатку 2 і вносить свою помилку в підготовку даних для стрільби.

Сказане в черговий раз доказує необхідність з метою більш точного визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів та оперативності розрахунків оснащувати кожну АС АБС ВШВС та поєднувати її з АСУНВ.

Серед вітчизняних розробників АБС ВШВС слід відмітити розробки ДП «Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут» (ЛНДРТІ) і ТзОВ «Науково-виробниче підприємство «Ефір-С».

Можливе використання дослідного (ДЗ) і експериментального (ЕЗ) зразків РЛС ВШВС цих підприємств продемонстровано на рис. 1 та рис. 2 відповідно, а на рис. 1в їх сумісне використання.

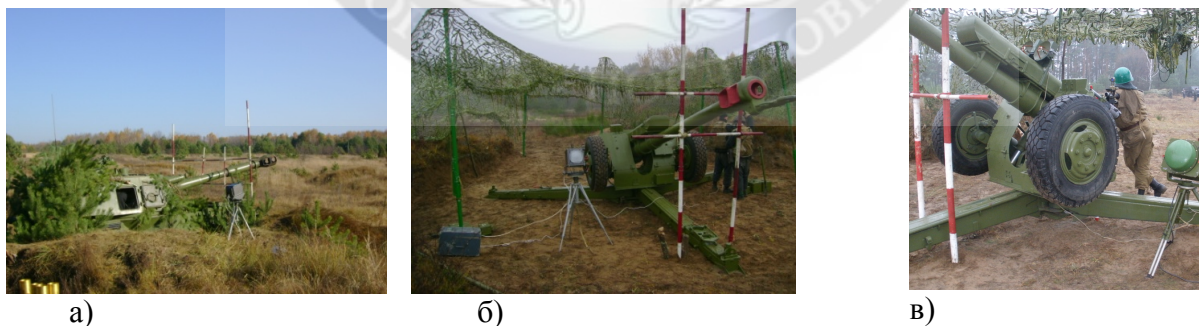


Рис. 1. ДЗ АБС ДП ЛНДРТІ
(а, б, в - АБС встановлюється на тринозі поряд з гарматою)

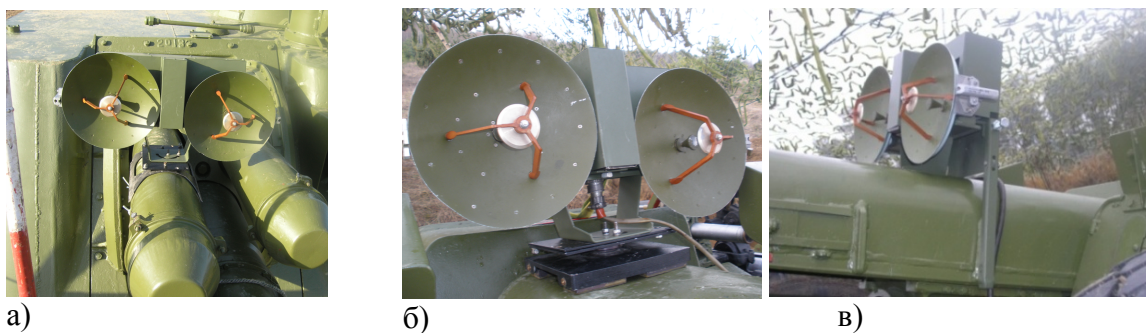


Рис. 2. Встановлення ЕЗ РЛС ТзОВ «НВП «ЕФІР-С» на різних типах гармат:
 а) на 152 мм СГ 2С3М,
 б) на 122 мм ГД-30 за допомогою магнітної платформи,
 в) на 122 мм ГД-30 за допомогою кронштейнів.

Перспективні РЛС ВШВС, ДЗ і ЕЗ яких розроблені вітчизняними підприємствами (рис.1, 2) передбачають високу точність визначення початкової швидкості снарядів (мін) (інструментальна похибка не перевищує 0,1% V_0), малі габарити, спряження з термінальним пристроєм командира гармати та з АСУНВ.

Тактико-технічні характеристики ДЗ і ЕЗ РЛС ВШВС, що розробляється ЛНДРТІ і НВП «Ефір-С» та їх аналогів, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики ДЗ і ЕЗ АБС та їх серійних аналогів

Характеристика	Тип						
	АБС-1М (Україна)	SL-15028	SL-30031	ІМ- 400/55	УААБС (Росія)	ДЗ (ЛНДРТІ)	ЕЗ («НВП «Ефір- С»)
Діапазон, см	2,7	3	3	0,5	< 2	0,5	0,8
Калібр снаряда, мм	82-240	> 100	> 100	> 20	> 20	100-155	100-155
Діапазон швидкостей, які вимірюються, м/с	80-2200	200-1000	200-1000	1-2000	50-2000	200-1000	150-1500
Відносна середньоквадратична похибка вимірювання швидкості, % V_0	0,15	0,1	0,1	0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1
Час вимірювання, с	240-300	2	2	-	1	1	1
Потужність випромінювання, Вт	12,5 і 15	15	30	0,05	> 10	0,1	0,1
Габаритні розміри прийомопередавача, мм		350×350×50	750×350×50	-	-	290×240×190	550×240×160
Маса прийомоперед., кг, (загальна)	30	12	30	15	-	15	12
Кількість конструктивних	-	2/3	2/3	-	2/3	2/3	2/3

одиниць при встановленні на АС (самохідна/причепна)							
Кількість конструктивних одиниць в переносному варіанті	3	4	4	4	4	4	3
Інтерфейс	Відсутній	RS-232	RS-232	RS-232	RS-232	RS-232	RS-232, USB-2

Аналіз попередніх досліджень показує, що сучасна елементна база дозволяє реалізувати високоточні і малогабаритні РЛС ВШВС та створити на їх основі перспективну мобільну АБС для оснащення кожної АС. Відсутність Державного оборонного замовлення і належного фінансування робіт не дозволили довести до серійного виробництва і поставки на озброєння жодну зі створених на вітчизняних підприємствах РЛС ВШВС. Жодний з вітчизняних зразків таких РЛС не проходив державну метрологічну атестацію. Конструкція приймально-передавальних модулів розглянутих РЛС потребує суттєвої доробки для забезпечення встановлення їх на противідкатних пристроях АС, а блоки цифрової обробки сигналів і індикації отриманих результатів потребують відпрацювання ергонометричних показників та уточнення протоколів інформаційного обміну з АСУНВ.

Формулювання завдання дослідження. Проведення аналізу впливу дооснащення АС РЛС ВШВС на точність підготовки даних для стрільби і, відповідно, на ефективність стрільби на ураження та надання практичних рекомендацій щодо уточнення основних характеристик РЛС для перспективних АБС вітчизняного виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення доцільності оснащення кожної АС РЛС ВШВС проведемо аналіз ефективності стрільби, показниками якої є імовірність ураження цілей (для групових – математичне очікування відносної кількості уражених одиночних цілей із складу групової) та витрата снарядів для надійного їх ураження [1].

Основними факторами, що впливають на ефективність стрільби, є точність визначення установок та потужність дії снарядів біля цілі. При виконанні вогневих завдань артилерійські підрозділи повинні підвищувати точність визначення установок, постійно удосконалюючи способи підготовки установок, застосовуючи прилади та засоби, які враховують всі відхилення умов стрільби від табличних і, тим самим, зменшувати похибки при пострілі [3].

Зміст і характеристики системи похибок, які супроводжують стрільбу, є різними для різних вогневих задач і відповідного складу артилерійських підрозділів. Наприклад, стрільба гарматою (рис. 3 а) супроводжується двома групами похибок: перша група – похибки, що випадкові для кожного пострілу (неврахування різноманітності метеорологічних умов під час польоту кожного снаряду – $B\delta$, $B\beta$); друга група – похибки, що повторюються при кожному пострілі (похибки топогеодезичної підготовки, визначення координат цілей, технічної і балістичної підготовки - $\Delta\Gamma$) [3].

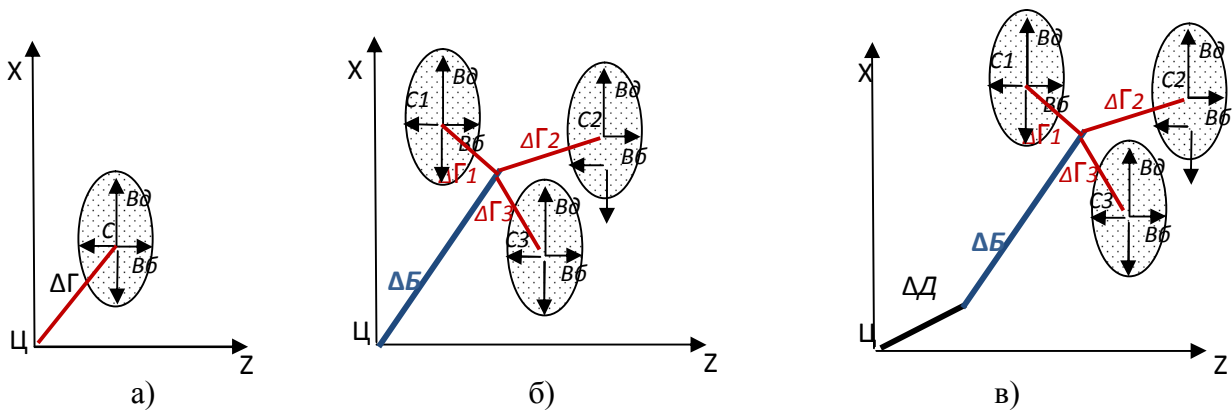


Рис. 3. Схема груп помилок при стрільбі: а) гарматою, б) батареєю, в) дивізіоном

відхиленнями точок падіння снарядів при різних пострілах гарматою [3], розраховується за формулою

$$r[x_{bi}, x_{bj}] = \frac{E^2[X_y]}{B\delta n^2}, \quad (1)$$

де $E^2[X_y]$ – середнє відхилення, характеристика точності визначення установок для стрільби по дальності;

$B\delta n^2$ – сумарні середні похибки пострілу по дальності.

З формули (1) можна зробити висновок про залежність коефіцієнта кореляції від двох груп похибок – похибок підготовки та похибок розсіювання. Коефіцієнт кореляції збільшується при збільшенні похибок підготовки (які повторюються від пострілу до пострілу) порівняно з розсіюванням (першою групою похибок). Розрахований за формулою (1) гарматний коефіцієнт кореляції складає 0,98...099 [3]. Він показує дуже тісну залежність у відхиленнях від пострілу до пострілу (якщо після першого пострілу отриманий переліт то є дуже велика імовірність отримати переліт і при наступних пострілах) і дає можливість впливати на наступні постріли гармати введенням коректур шляхом визначення, наприклад, сумарного відхилення початкової швидкості за попереднім пострілом. Крім того, під час стрільби при розігріванні ствола, коли змінюється його геометрія і, як наслідок, початкова швидкість снаряду існує необхідність наступних визначень сумарних відхилень початкової швидкості снарядів. Найбільш точно це можливо зробити за допомогою АБС, яка розміщена на гарматі.

Стрільба батареєю супроводжується трьома групами похибок (рис. 3 б): перша група – випадкові похибки для кожного пострілу (розсіювання снарядів відносно центру розсіювання С з характеристиками $B\delta$, $B\delta$); друга – випадкові похибки, які повторюються при пострілі конкретної гармати (різної гармат в батареї, основною причиною якого є знос каналу ствола і, відповідно, різниця у відхиленнях початкової швидкості снарядів, а також похибки у вивірці гармат та їх наведенні – $\Delta\Gamma_{1-3}$); третя – випадкові похибки, які повторюються для всіх пострілів при стрільбі (всі похибки визначення установок для стрільби при повній чи скороченій підготовці $\Delta Б$). Очевидно, що сумарні середні похибки пострілів усіх гармат батареї будуть більше, чим похибки для основної гармати за рахунок похибок визначення різниці початкових швидкостей, наведення, неврахування різниці висот гармат та уступів. Батарейний коефіцієнт кореляції по дальності [3]: розраховується за формулою

$$r[x_{\sigma}] = \frac{E^2[X_{\sigma}]}{B\delta n^2} = \frac{E^2[X_y] - E^2[X_{mex}]}{B\delta n^2}, \quad (2)$$

де $E^2[X_o]$ – серединні похибка підготовки установок батареї в дальності;

$E^2[X_{max}]$ – серединна похибка технічної підготовки гармат.

Аналіз показує, що отримане за формулою (2) значення батарейного коефіцієнту кореляції в дальності складає 0,94...0,97 і є меншим за коефіцієнт кореляції, який розрахований за формулою (1) [3]. Це говорить про меншу залежність від пострілу до пострілу при стрільбі батареєю в порівнянні зі стрільбою окремої гармати. Таким чином розміщення АБС на кожній АС дозволяє зменшити сумарні серединні похибки при стрільбі батареї і, відповідно, підвищити точність і кучність батарейного залпу.

Похибки при стрільбі дивізіоном (рис. 3 в) поділяються на чотири групи: перша і друга група такі ж, як і при стрільбі батареєю; третя група – випадкові похибки, що повторюють своє значення для всіх пострілів конкретної батареї (ΔB - батарейні похибки при стрільбі дивізіоном або різнобій батареї в складі дивізіону – це похибки у визначенні різниці початкових швидкостей снаряду між основною та контрольною гарматою при визначенні способом зістрілу, чи похибка у визначенні сумарного відхилення початкової швидкості основної гармати при визначенні гарматної і порохової поправки, похибки при нецентралізованій топогеодезичній прив'язці); четверта група – випадкові похибки для всіх пострілів при стрільбі (ΔD - похибки підготовки дивізіону, в тому числі і похибки у визначенні сумарного відхилення початкової швидкості снарядів для контрольної гармати дивізіону).

Як правило, систему великої кількості похибок при стрільбі дивізіоном зводять до системи двох похибок, при цьому зведений дивізіонний коефіцієнт кореляції по дальності [3] розраховується за формулою

$$r_o = \sqrt{\frac{r_z^2 + (k - 1)r_o^2 + k(m - 1)r_o^2}{mk}}, \quad (3)$$

де r_z^2 – коефіцієнт кореляції при стрільбі гарматою;

r_o^2 – коефіцієнт кореляції при стрільбі батареєю;

r_o^2 – коефіцієнт кореляції при стрільбі дивізіоном;

m – кількість батареї;

k – кількість гармат в батареї.

Отримане за формулою (3) значення дивізіонного коефіцієнту кореляції є меншим за коефіцієнти кореляції, які розраховані за формулами (1–2). Співвідношення коефіцієнтів кореляції дає змогу зробити висновок про найбільшу залежність між пострілами гармати та більшу ефективність введення гарматних коректур, підтверджуючи доцільність установки РЛС ВШВС на кожній АС.

Серединні похибки визначення початкової швидкості снарядів та часу для їх визначення різними способами вказані в таблиці 2 [4]:

Таблиця 2

Основні характеристики способів визначення балістичних умов стрільби

Способи визначення балістичних умов стрільби	Серединна помилка визначення балістичних умов	Час визначення балістичних умов для шестигарматної батареї, хв.
Способи визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів		
За даними БС для гармати, що зробила	0,2%V ₀	10

Таблиця 2

Основні характеристики способів визначення балістичних умов стрільби

Способи визначення балістичних умов стрільби	Серединна помилка визначення балістичних умов	Час визначення балістичних умов для шестигарматної батареї, хв.
відстрілювання (для контрольної гармати) Те ж для невідстріляного номеру заряду (за допомогою коефіцієнта $K_{пер}$) За даними контрольної гармати (для основної гармати батареї) для відстріляного номеру заряду Те ж для невідстріляного номеру заряду (за допомогою коефіцієнту $K_{пер}$) Зістрілюванням партій зарядів для гармати, що робила зістрілювання (для основної гармати батареї)	$0,4\%V_0$ $0,4\%V_0$ $0,5\%V_0$ $0,5\%V_0$	3 10 3 30
Способи визначення різнобою гармат		
Зістрілюванням гармат за допомогою БС: зістрілювання гармат батареї (гармати розташовані на одній ВП) зістрілювання основних гармат батареї дивізіону (три основних гармати розташовані на різних ВП) За результатами створення репера Розрахунком за результатами визначення відхилення початкової швидкості гармати ($\Delta V_{0гр}$): із подовження зарядної камери (при $\Delta V_{0гр} \leq 1\%V_0$) із подовження зарядної камери з урахуванням уточнюючої поправки	$0,2\%V_0$ $0,3\%V_0$ $0,4\%V_0$ $0,3-0,4\%V_0$ $0,3-0,4\%V_0$	60 60 140 30 60
Способи визначення відхилення початкової швидкості снарядів через знос каналів стволів гармат		
Із подовження зарядної камери з урахуванням уточнюючої поправки Із подовження зарядної камери: при $\Delta V_{0гр} \leq 1\%V_0$ при $1\%V_0 < \Delta V_{0гр} \leq 3\%V_0$ при $\Delta V_{0гр} > 3\%V_0$	$0,3\%V_0$ $0,2\%V_0$ $0,4\%V_0$ $0,7\%V_0$	60 30 30 30

На сьогоднішній день відповідно до організаційно-штатної структури АБС знаходиться в складі дивізіону. При цьому аналіз системи похибок, які супроводжують стрільбу артилерії і даних таблиці 2 показує, що серединна похибка визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів $E[\delta \Delta V_0]$ буде складатися:

- при стрільбі дивізіоном – з серединної похибки визначення сумарного відхилення початкової швидкості контрольної гармати за даними АБС $E[\delta \Delta V_{0 кз}] = 0,2\% V_0$, серединної похибки визначення різнобою основних гармат відносно контрольної зістрілюванням гармат за допомогою АБС на різних вогневих позиціях $E[\delta \Delta V_{0 кз-о}] = 0,3\% V_0$, серединної похибки визначення різнобою гармат батареї відносно основних розрахунком за результатами заміру подовження зарядної камери гармати $E[\delta \Delta V_{0 осн-з}] = (0,3-0,4\%) V_0$, серединної похибки визначення відхилення початкової швидкості снарядів з причини зносу каналу ствола гармати $E[\delta \Delta V_{0 з}] = 0,4\% V_0$. Загальна серединна похибка для дивізіону розраховується за формулою

$$E[\delta\Delta V_{0Д}] = \sqrt{(E[\delta\Delta V_{0кз-о}])^2 + (E[\delta\Delta V_{0кз-о}])^2 + (E[\delta\Delta V_{0осн-з}])^2 + (E[\delta\Delta V_{0з}])^2} \quad (4)$$

і буде складати 0,62% V_0 ;

- при стрільбі батареєю – з середньої похибки у визначенні різною основних гармат відносно контрольної зістрілюванням гармат за допомогою АБС на різних вогневих позиціях $E[\delta\Delta V_{0кз-о}] = 0,3\% V_0$, середньої помилки у визначенні різною гармат батареї відносно основних розрахунком за результатами визначення відхилення початкових швидкостей $\Delta V_{0гр}$ із подовження зарядної камери $E[\delta\Delta V_{0осн-з}] = 0,3 - 0,4\% V_0$, середньої похибки у визначенні відхилення початкової швидкості снарядів з причини зносу каналу ствола гармати $E[\delta\Delta V_{0з}] = 0,4\% V_0$. Загальна середня похибка у визначенні відхилення початкової швидкості снарядів для батареї розраховується за формулою

$$E[\delta\Delta V_{0Д}] = \sqrt{(E[\delta\Delta V_{0кз-о}])^2 + (E[\delta\Delta V_{0осн-з}])^2 + (E[\delta\Delta V_{0з}])^2} \quad (5)$$

і буде складати 0,58% V_0 .

У випадку оснащення кожної АС балістичною станцією середня похибка визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряду як для дивізіону так і для батареї буде складати $E[\delta\Delta V_{0Д}] = 0,2\% V_0$, що втричі менше від розрахованих за формулою (4 – 5). Враховуючи вагу балістичної підготовки (до 50%) сумарна похибка повної підготовки по дальності для дивізіону з урахуванням розміщення АБС на кожній гарматі ($E_{\delta абс}$) в цьому випадку зменшиться на 0,25% і буде складати

$$E_{\delta абс} = 0,75E_{\delta} \quad (6)$$

Таким чином, зменшивши середню похибку визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів і, відповідно, середні похибки підготовки, можливо значно зменшити відхилення центрів розсіювання снарядів С від цілі і за рахунок цього підвищити ефективність застосування підрозділів артилерії (рис.1).

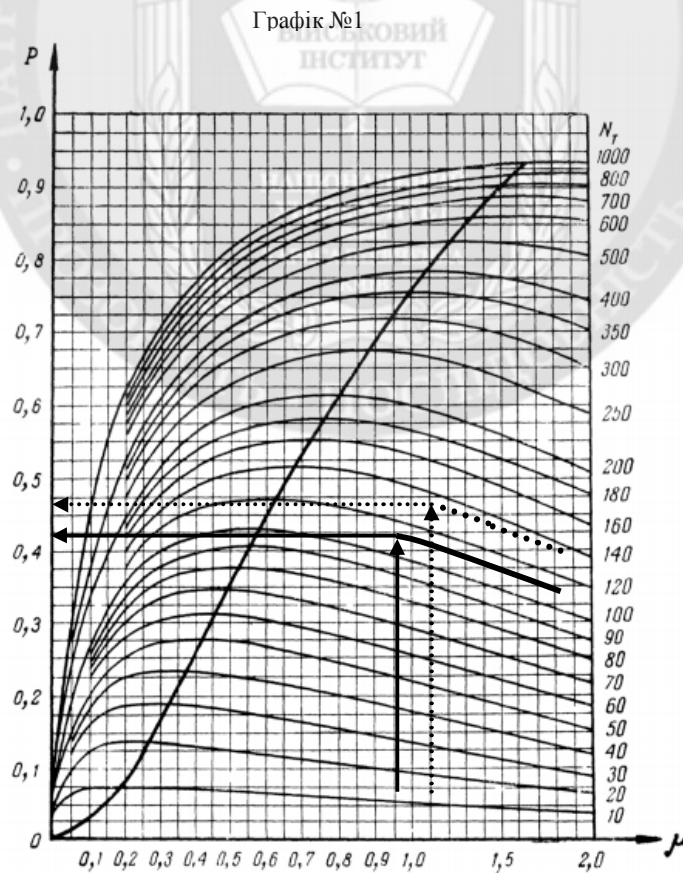


Рис. 4. І-графік для розрахунку імовірності ураження в залежності від μ та N_t

Показником ефективності застосування артилерійських підрозділів в бою є нанесення противнику втрат для зниження його бойового потенціалу до рівня, який дозволяє загальновійськовим підрозділам виконати бойове завдання. Такі втрати в теорії стрільби розраховуються як імовірність ураження одиночних цілей або математичне очікування відносної кількості уражених одиночних цілей із складу групової. Потрібні показники і досить точно по неспостережних цілях визначаються за допомогою графіка (рис. 4), вхідні величини для нього розраховуються за формулами [3]

$$N_T = \frac{N S_n}{0,16 E'_{\partial o} E'_{no}}, \quad (7)$$

де $E'_{\partial o} E'_{no}$ – зведені серединні похибки підготовки даних по дальності і напрямку;

N_T, N – таблична витрата боєприпасів, витрата боєприпасів по цілі;

S_n – зона ураження, характеристика вражаючої дії снарядів.

$$\mu = \frac{B\delta'_o B\beta'_o}{E'_{\partial o} E'_{no}}, \quad (8)$$

де $E'_{\partial o} E'_{no}$ – зведені серединні похибки підготовки даних по дальності і напрямку;

$B\delta'_o B\beta'_o$ – зведені серединні характеристики розсіювання при стрільбі дивізіоном.

Враховуючи велику вагу балістичної складової в загальній системі точності підготовки установок і розмістивши на кожній гарматі АБС та використовуючи формулу (6), вхідні дані для графіка можна записати у вигляді:

$$N_T = \frac{N S_n}{0,16(0,75 E'_{\partial o}) E'_{no}}, \quad (9)$$

$$\mu = \frac{B\delta'_o B\beta'_o}{(0,75 E'_{\partial o}) E'_{no}}. \quad (10)$$

Зменшення в знаменнику на 0,25 серединної помилки підготовки в дальності приводить до збільшення вхідних величин в графік і, як показує рис.4 збільшує імовірність ураження одиночних цілей (математичне очікування ураження одиночних із складу групової) на 5-7%, або ж дозволяє зменшити потрібну кількість боєприпасів для раніше установлених норм по різних типах цілей.

Це пояснюється тим, що РЛС вимірює швидкість на основі оцінки доплерівської зміни частоти відбитого від снаряду (міни) сигналу за формулою

$$V = \frac{F_{\partial on} * \lambda}{2 \cos \varphi}, \quad (11)$$

де V – швидкість снаряду;

$F_{\partial on}$ – доплерівське зміщення частоти зондуючого сигналу;

λ – довжина хвилі зондуючого сигналу;

φ – кут спостереження снаряду.

З формули (9) видно, що при встановленні РЛС поряд з АС, значення $\varphi \neq 0$ і залежить від дальності польоту снаряду. Цей факт при визначенні V приводить до похибки, яка досягає $1\%V$, тому що значення φ не підлягає обліку (при встановленні РЛС на АС $\varphi = 0$ і не буде вносити додаткової похибки при визначенні V).

Разом з тим, експериментальні дослідження показали, що встановлення РЛС на АС (рис. 2) потребує жорстких вимог до її конструктивного виконання і особливої уваги при розробці засобів кріплення.

Висновки. На сьогоднішній день існує нагальна потреба в екстреному завершенні робіт щодо розробок РЛС для визначення початкової швидкості снаряду та дооснащенні ними АС. При цьому сумарне відхилення початкової швидкості повинно бути визначено з похибкою не більше $0,1\%V_0$. Врахування вказаних похибок визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів дозволить підвищити ефективність застосування артилерійських підрозділів при ураженні різних цілей на 5-7% (рис. 4), або зменшити потребу у витраті боєприпасів на 25% без зміни ефективності.

Таким чином, оснащення кожної АС РЛС ВШВС і інтеграція її в єдину АСУНВ дозволить врахувати всі допуски правил стрільби та керівництва з бойової роботи, виконувати вогневі завдання, не зважаючи на велику кількість різних партій зарядів, в реальному масштабі часу визначати відхилення балістичних умов від табличних та вводити поправки при наступному пострілі і наблизити вітчизняні АС до кращих зразків АС, що стоять на озброєнні розвинених у військовому відношенні країн світу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Теоретичні основи стрільби і управління вогнем артилерії: Підручник / Телелим В.М., Тарасов В.М., Сорока В.С, Артамошенко В.С. – Київ: НАОУ, 2004 р. 306 с.
2. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата. Київ –2008. –304 с.
3. Стрельба и управление огнём наземной артиллерии. Учебные для высших артиллерийских командных училищ. Москва. Военное издательство -76. -540 с.
4. Посібник по вивченню правил стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата. Київ – 2008.
5. В.І. Грабчак, Ю.І. Бударецький, В.В. Прокопенко. Джерела помилок та їх вплив на точність повної підготовки стрільби артилерії Артиллерийское вооружение. – 2011. – Вып. 4
6. Керівництво з бойової роботи вогневих підрозділів артилерії: Навчальний посібник. - СумДУ: Вид-во СумДУ, 2004.-267 с.
7. Збірник нормативів з бойової підготовки для спеціалістів і підрозділів артилерії. Затверджено наказом Головнокомандувача Сухопутних військ ЗСУ від 24.02.2004 №53.
8. [Електронний ресурс] – Режим доступу до джерела: <http://ru-artillery.livejournal.com/201348.html?thread=2036612&>
9. [Електронний ресурс] – Режим доступу до джерела: <http://bastion-karpenko.ru/kmn>
10. [Електронний ресурс] – Режим доступу до джерела: <http://i-802620.html.orotchenko.livejournal.com/>

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Зубков А.М., Академія Сухопутних військ, Львів

к.т.н. Бударецький Ю.І., Щавинський Ю.В.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООСНАЩЕНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ РЛС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ВЫЛЕТА СНАРЯДА

В статье проведен анализ системы погрешностей, которые сопровождают стрельбу артиллерии. Показано, что средняя погрешность определения суммарного отклонения начальной скорости снарядов зависит от порядка поражения цели. При стрельбе дивизионом она состоит из средней погрешности определения суммарного отклонения начальной скорости контрольного орудия с помощью штатной артиллерийской баллистической станции (АБС), средней погрешности определения разбоя основных орудий относительно контрольного, средней погрешности определения разбоя орудий батарей относительно основных, средней погрешности определения отклонения начальной скорости снаряда по причине износа канала ствола орудия, при этом общая средняя погрешность для дивизиона достигает $0,62\% V_0$. При стрельбе батареей она состоит из средней погрешности в определении разбоя основных орудий относительно контрольного, средней погрешности в определении разбоя орудий батарей относительно основных, средней погрешности в определении отклонения начальной скорости снарядов по причине износа канала ствола орудия, при этом общая средняя погрешность в определении отклонения начальной скорости

снарядов для батареи достигает $0,58\% V_0$. В случае оснащения каждого орудия баллистической станцией средняя погрешность определения суммарного отклонения начальной скорости снаряда как для дивизиона, так и для батареи будет составлять $0,2\% V_0$, что втрое меньше от штатного применения АБС в составе дивизиона. Таким образом, уменьшив среднюю погрешность определения суммарного отклонения начальной скорости снарядов и, соответственно, средние погрешности подготовки стрельбы, возможно значительно уменьшить отклонение центров рассеяния снарядов от цели и за счет этого повысить эффективность применения подразделений артиллерии.

Ключевые слова: артиллерийская баллистическая станция, средняя ошибка, РЛС, начальная скорость снаряда, отклонение начальной скорости снаряда, эффективность применения артиллерийских подразделений.

Ph.D. Budaretskiy Y.I., Shchavinskiy Y.V.

ANALYSIS OF EFFICIENCY RETROFITTING ARTILLERY SYSTEMS RADAR TO DETERMINE THE SPEED OF THE PROJECTILE DEPARTURES

Analysis of the system of errors, which accompany artillery firing, was conducted in the article. It is shown that the median error in defining the total deviation of initial projectiles velocity depends on the order of defeating aim. During division firing, it consists from the median error in determining total deviation of initial velocity of the control gun via regular artillery ballistic Stations (ABS), the median error in determining the jumble of main guns comparing to the control one, the median error in determination jumble of guns compared to the main battery, the median error in determination the deviation of initial projectiles velocity due to wear of the bore of guns, and the total median error for division reach level $0,62\% V_0$. While shooting from battery, it consists from median error in determining the jumble of main guns comparing with control one, the median error in determining the jumble of guns compared to the main batteries, the median error in determining the deviation of initial projectiles velocity due to wear of the bore guns, and the total median error for battery reach level $0,58\% V_0$. In the case when each gun is equipped with the ballistic Station, the median error in determining the total deviation of an initial projectile's velocity for the division and for batteries will consist $0,2\% V_0$, what is three times less than the common usage of ABS as part division. Thus, reducing the median error in determining the total deviation of initial velocity of projectiles and respectively the median errors of preparation make possible the significant reduce of the scattering shell's centers deviation from the target and increase the effectiveness of the artillery units.

Keywords: artillery ballistic station, mean error, the radar, determining the initial projectile velocity, effectiveness of artillery units.