Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 2(12)
ISSN 2706-7386
УДК 389.002.08 DOI: 10.37701/dndivsovt.12.2022.04

Дарницький Ю.В., Ляшенко В.А., Швець С.І., Павлюк Т.В. *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ДУЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ SL-520PE ТА ДОППЛЕРІВСЬКОЇ РАДАРНОЇ СИСТЕМИ MFTR-2100/40 ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

У статті проведено порівняльний аналіз матеріалів випробувань, в яких застосовувалися система вимірювань дульної швидкості SL–520PE та допплерівська радарна система MFTR–2100/40. Запропоновано комплекс рекомендацій, які направлені на підвищення ефективності організації та якості проведення випробувань, під час яких визначаються параметри початкової (дульної) швидкості об'єктів вимірювань.

Ключові слова: *артилерійське озброєння, випробування, система вимірювань дульної швидкості, радарна система , початкова (дульна) швидкість, об'єкт вимірювань, траєкторія.*

Постановка проблеми. Ефективність проведення випробувань широкої номенклатури нових та модернізованих зразків артилерійського озброєння багато в чому залежить від сучасних радарних систем вимірювань.

Впродовж останнього часу для визначення початкової (дульної) швидкості та траєкторних вимірювань артилерійського озброєння у Збройних Силах України (ЗС України) застосовуються система вимірювання дульної швидкості SL–520PE (СВДШ) та допплерівська радарна система MFTR–2100/40 (ДРС).

Отже, питання перевірки відповідності параметрів сучасних зразків артилерійського озброєння заявленим характеристикам є своєчасним і актуальним.

Актуальність дослідження. Зазначене вище обумовлює актуальність наукових досліджень стосовно вирішення завдання проведення випробувань об'єктів артилерійського озброєння за рахунок розробки комплексу рекомендацій, які направлені на підвищення ефективності організації і якості проведення випробувань, під час яких визначаються параметри початкової (дульної) швидкості об'єктів вимірювань.

Тобто, передбачаючи актуальність зазначеного питання ініційоване проведення наукових досліджень можливостей застосування СВДШ та ДРС з урахуванням їх практичного застосування. Тому, авторський колектив вважає за доцільне розглянути окремі методи випробувань із застосуванням вищезазначених систем вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз літератури і публікацій свідчить, що на сьогодні методи і засоби визначення початкової швидкості снарядів (мін) потребують уточнення та удосконалення [1–3]. Фахівці Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (ДНДІ ВС ОВТ), після постачання до ЗС України допплерівських радарних систем, активно працюють у напрямку надбання практичного досвіду отримання точних вимірювань параметрів об'єктів артилерійського озброєння, також авторським колективом проаналізовано запропоновані пропозиції до типових методик застосування СВДШ та ДРС, пропозиції до типових методик зовнішньо-траєкторних вимірювань (ЗТВ) з використанням ДРС при проведенні випробувань ОВТ, рекомендації щодо застосування радарної системи MFTR–2100/40 [4–6].

Зупинимося на головному аспекті дослідження, що полягає в розгляді особливостей налаштування програмного забезпеченням WinDopp СВДШ, який не розглядався раніше.

Мета статті – розробка комплексу рекомендацій, які направлені на підвищення ефективності організації і якості проведення випробувань нових зразків артилерійського озброєння під час яких визначаються параметри початкової (дульної) швидкості об'єктів вимірювань.

© Дарницький Ю.В., Ляшенко В.А., Швець С.І., Павлюк Т.В., 2022

ISSN 2706-7386

Виклад основного матеріалу. Принцип роботи СВДШ SL–520PE щодо визначення початкової (дульної) швидкості *(Vo)* об'єктів випробувань полягає в безперервному вимірюванні швидкості об'єкту повздовж траєкторії в межах променю з подальшим розрахунком результатів вимірювань програмним забезпеченням WinDopp за алгоритмом приведення (апроксимації) швидкості на траєкторії до зрізу ствола.

Розглянемо порядок проведення перевірки можливостей СВДШ методом порівняння результатів вимірювань, отриманих від програмного забезпечення (далі – ПЗ) WinDopp системи SL–520PE з даними ПЗ WinTrack мультичастотної допплерівської радарної системи MFTR–2100/40 при стрільбі з 152–мм самохідної гаубиці 2С3. Оцінка можливостей проводилася за кожним пострілом. На рисунку 1 наведено розміщення СВДШ та ДРС відносно об'єкту, параметри якого вимірюються.

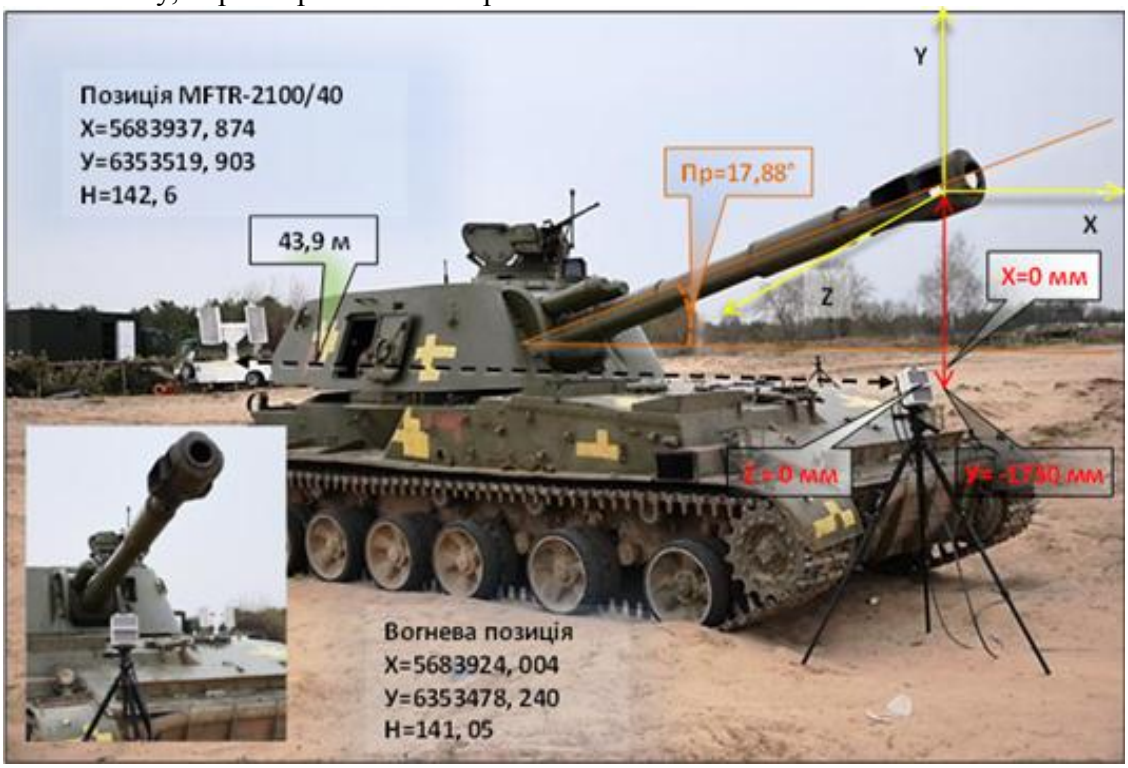


Рис.1. Розташування систем SL–520PE та MFTR–2100/40 відносно 152–мм самохідної гаубиці 2С3

Налаштування СВДШ SL–520PE проводилося відносно дульного зрізу на вогневій позиції гармати [4]. В ході проведення бойової стрільби із 152–мм самохідної гаубиці 2С3 було здійснено 5 (п'ять) пострілів снарядами ОФ–540 на заряді № 4.

Отримані результати вимірювань кожного пострілу СВДШ SL–520PE та ДРС MFTR–2100/40 наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати вимірювання дульної швидкості V_0

№ з/п	SL–520PE		MFTR–2100/40	
	Дульна швидкість V_0, *м/с*	Відхилення точності за розрахунками ПЗ WinDopp, *м/с*	Дульна швидкість V_0, *м/с*	Відхилення точності за розрахунками ПЗ WinTrack, *м/с*
1	372,69	±0	372,626	±0,082
2	362,55	±0	362,564	±0,103
3	368,16	±0	366	-
4	366,19	±0	364	-
5	373,43	±0	373,474	±0,092

ISSN 2706-7386

Для визначення дульної швидкості використовувались розрахункові данні тільки 1,2 та 5-го пострілів. Із розрахунків були виключені 3 і 4 постріли через те, що значення дульної швидкості для них розраховувались методом графічної екстраполяції з графіків ПЗ WinTrack ДРС MFTR–2100/40. Цей метод надає лише оціночний характер параметрам, отриманим під час випробувань та може викликати певний сумнів у достатній достовірності. Під час вимірювань дульної швидкості 3 і 4 пострілів результати не були зафіксовані (втрачені дані положення антени у ході вимірювань) ДРС MFTR–2100/40, через збій файлової системи RTDS (Real Time Data System – Процесор зберігання даних у реальному часі) [5]. Дульні швидкості за цими пострілами визначені методом графічної екстраполяції з графіків ПЗ WinTrack ДРС MFTR–2100/40 (рисунки 2–3).

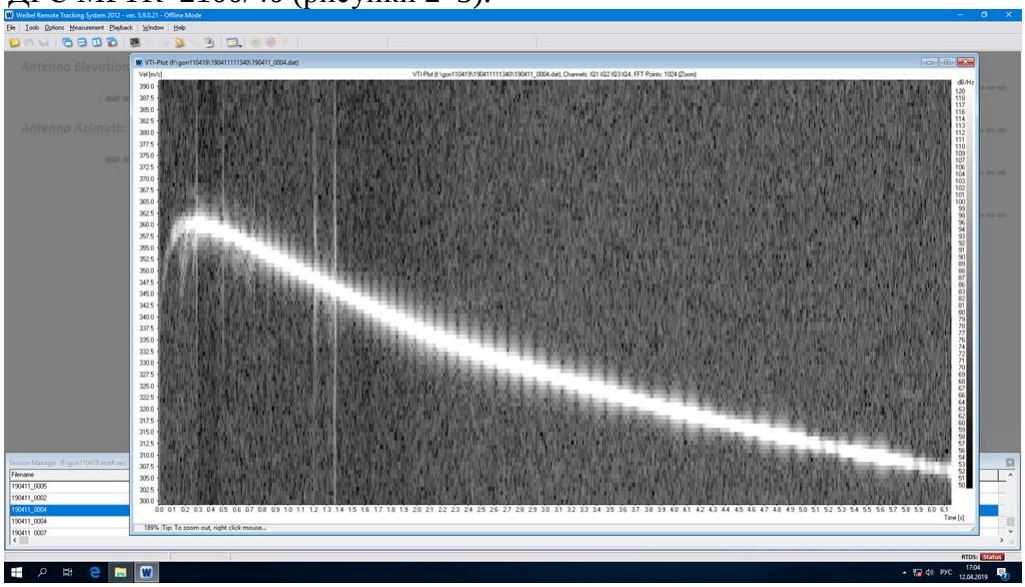


Рис.2. Визначення дульної швидкості третього пострілу методом графічної екстраполяції з графіку VTI (Velocity Track Information) треку ПЗ WinTrack ДРС MFTR–2100/40

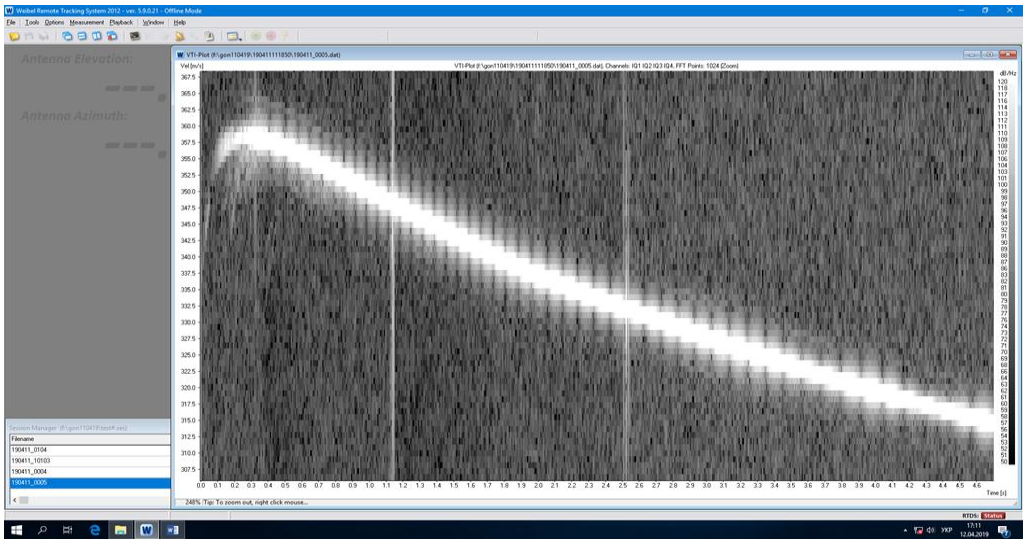


Рис.3. Визначення дульної швидкості четвертого пострілу методом графічної екстраполяції з графіку VTI треку ПЗ WinTrack ДРС MFTR–2100/40

Матеріали здійсненого випробування дозволяють узагальнити дані та провести аналіз результатів вимірювання, які вказані в таблиці 2.

ISSN 2706-7386

Таблиця 2

Аналіз результатів вимірювання дульної швидкості V_0

№ з/п	SL–520PE $V_{0,}$ *м/с*	MFTR–2100/40 V_0, *м/с*	ΔV_0, *м/с*	Розрахована похибка SL–520PE 0,05% V_0,*м/с*	Розрахована похибка MFTR–2100/40 V_0,*м/с*
a	***b***	***c***	***d***	***e***	***f***
1	372,69	372,626	0,064	±0,1863	±0,082
2	362,55	362,564	- 0,014	±0,1813	±0,103
5	373,43	373,474	- 0,044	±0,1867	±0,092

Дані, наведені у таблиці 2, свідчать про те, що різниця дульних швидкостей ΔV_0 (графа d), отриманих від СВДШ SL–520PE та ДРС MFTR–2100/40, не перевищує похибку для SL–520PE (графа e) та для MFTR–2100/40 (графа f). Похибки для СВДШ SL–520PE (графа e) розраховані по заявленій виробником точності 0,05% V_0 для кожного значення виміряної швидкості. Похибки для системи MFTR–2100/40 (графа f) розраховані ПЗ WinTrack у ході обчислення дульної швидкості.

Для оцінки точності вимірювання початкової швидкості снарядів ОФ–540 калібру 152–мм визначається математичне очікування та середньоквадратичне відхилення початкової швидкості цих снарядів.

Математичне очікування визначається за формулою:

$$h_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}, \tag{1}$$

де y_i – швидкість снаряду і-го пострілу;

n – кількість пострілів.

Результати визначення математичного очікування початкової швидкості снарядів ОФ–540 калібру 152–мм представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати визначення математичного очікування V_0

№ з/п	Система вимірювання	Математичне очікування, *м/с*
1	SL–520PE	369,56
2	MFTR–2100/40	369,55

Середньоквадратичне відхилення визначається за формулою:

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - h_y)^2}{n-1}}, \tag{2}$$

де y_i – швидкість снаряду і-го пострілу;

h_y – математичне очікування початкової швидкості;

n – кількість пострілів.

Результати визначення середньоквадратичного відхилення представлено в таблиці 4.

Таблиця 4

Результати визначення середньоквадратичного відхилення V_0

№ з/п	Система вимірювання	Середньоквадратичне відхилення, *м/с*
1	SL–520PE	6,08 (1,6450% $V_{сер}$)
2	MFTR–2100/40	6,07 (1,6422% $V_{сер}$)

Тобто є підстави вважати, що система SL–520PE здатна вимірювати параметри дульної швидкості об’єкту випробувань артилерійського озброєння не гірше, ніж система

ISSN 2706-7386

MFTR–2100/40 та за показниками точності відповідає значенням, що відповідають вимогам замовника. Для порівняння результатів вимірювань дульної швидкості за допомогою СВДШ пропонується розглянути інший експеримент (вимірювання) початкової швидкості польоту осколково-фугасних снарядів ОФ–29 під час стрільби з 152–мм гармати 2А36. Схема розміщення об'єктів наведена на рисунку 4.

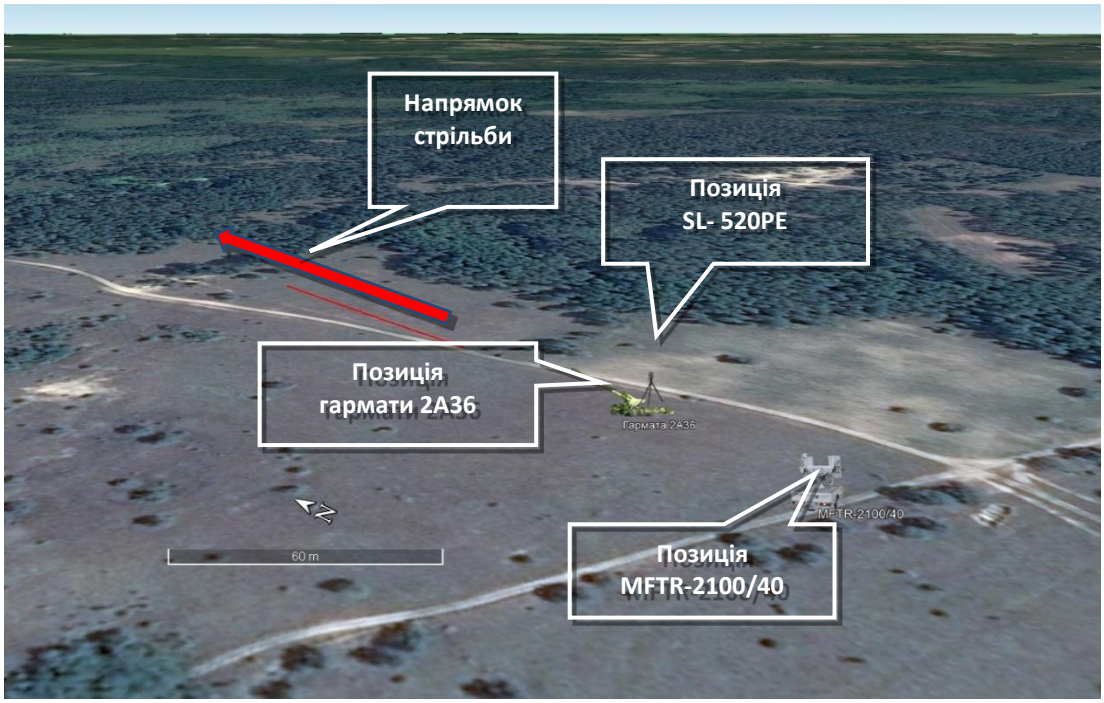


Рис.4. Розташування СВДШ SL–520PE та ДРС MFTR–2100/40 відносно 152–мм гармати 2А36

Зібраний і проаналізований фактичний матеріал вимірювань траєкторних параметрів свідчить, що через 0,82 секунди після здійснення першого пострілу з 152–мм гармати 2А36 осколково–фугасним снарядом ОФ–29, на розрахунковій відстані 738 метрів від гармати засобами відеореєстрації зафіксовано спалах у повітрі (рис.5) і звук вибуху. ДРС MFTR–2100/40 перший постріл зафіксований частково, а саме на початковій ділянці траєкторії, далі траєкторна інформація відсутня.



Рис.5. Перший постріл. Час 09:38:14,961 (+0,82 с). Камера 1

ISSN 2706-7386

Під час другого, третього та четвертого пострілів ДРС MFTR–2100/40 працювала штатно. На 0,86 секунді після першого пострілу, на відстані 789,67 метрів від гармати СВДШ зафіксовано розділення снаряду на два об’єкти (рис.6, 7).

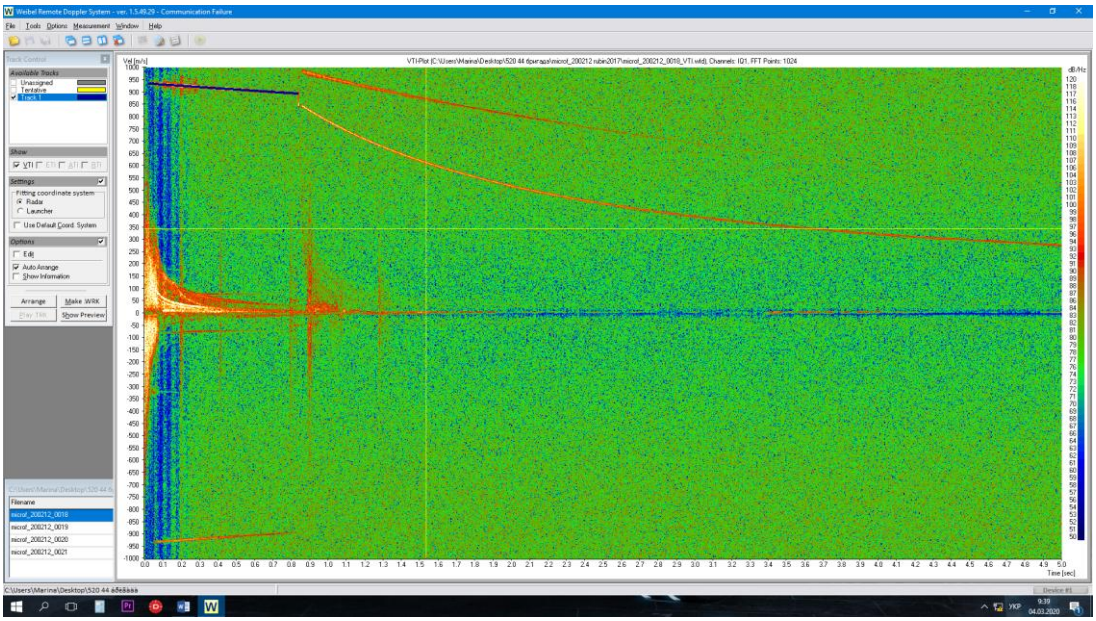


Рис.6. Перший постріл. Графік DAT

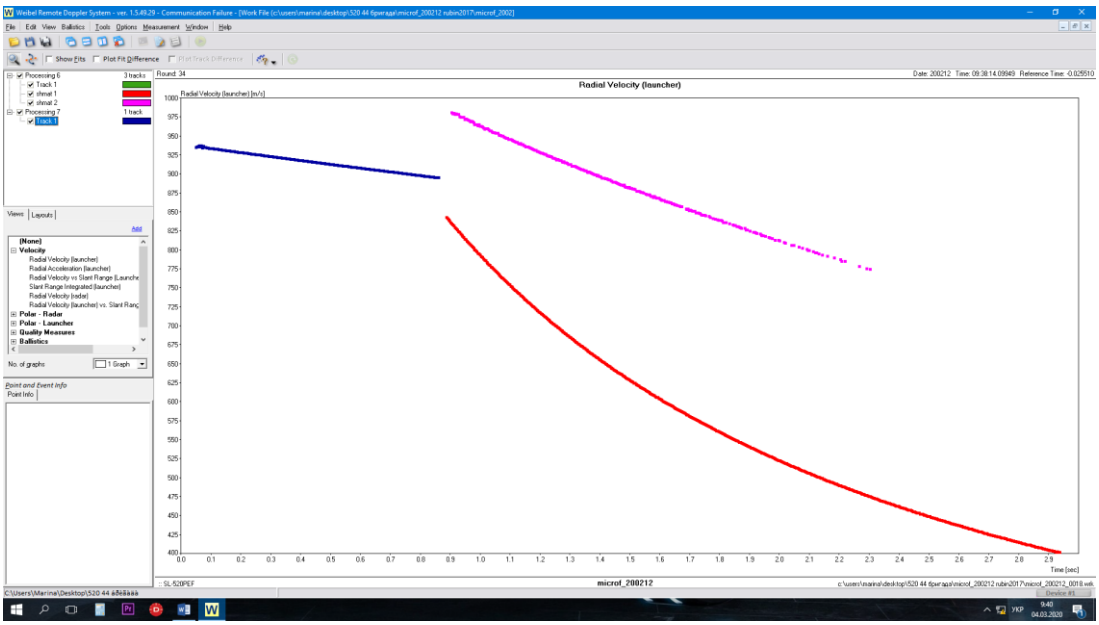


Рис.7. Перший постріл. Графік WORK

Результати дослідження підтверджують, що СВДШ SL–520PE під час всіх пострілів працювала впевнено без збоїв та відмов (рис.8).

ISSN 2706-7386

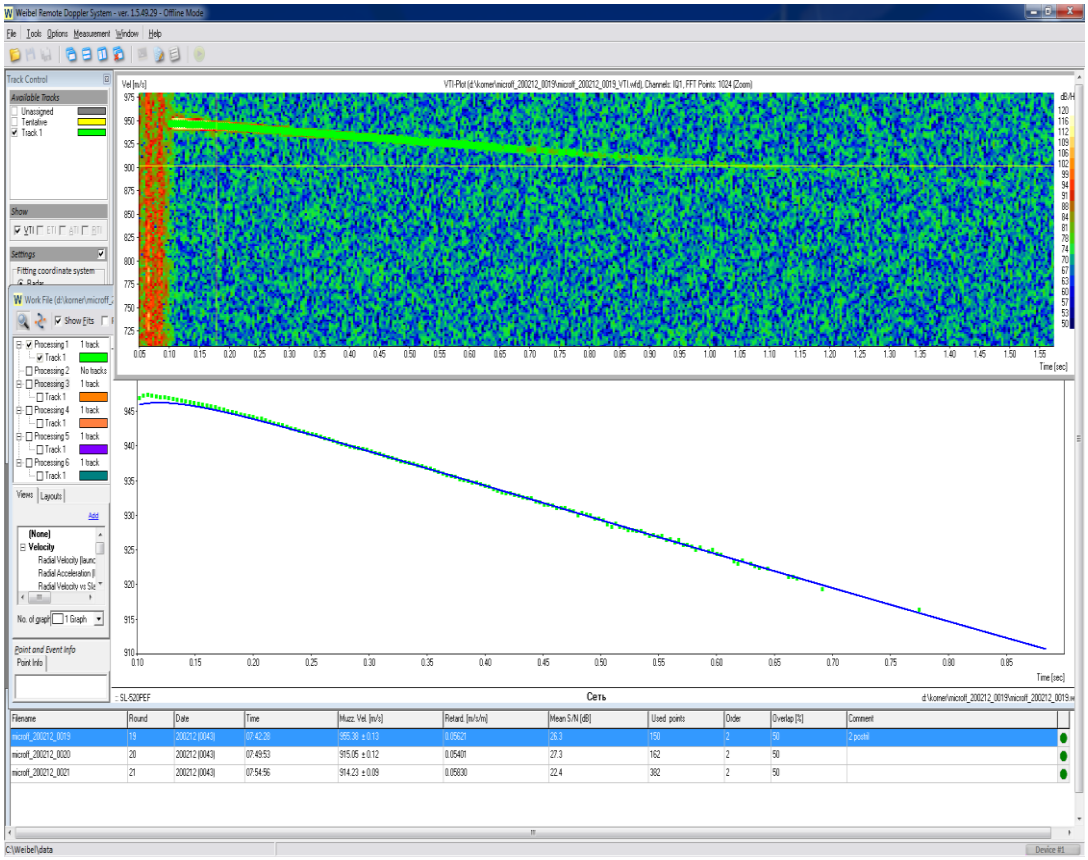


Рис.8. Вікно автоматичного відображення результатів вимірів

Матеріали здійсненого випробування дозволяють проаналізувати результати вимірювання початкової (дульної) швидкості. Аналіз результатів наведений у таблиці 5.

Таблиця 5

Аналіз результатів вимірювання дульної швидкості V_0

№ з/п	SL–520PE V_0, *м/с*	MFTR–2100/40 V_0, *м/с*	ΔV_0, *м/с*	Розрахована похибка SL–520PE 0,05% V_0, *м/с*	Розрахована похибка MFTR–2100/40 V_0, *м/с*
a	***b***	***c***	***d***	***e***	***f***
1	938,01	траєкторна інформація відсутня		±0,4690	_
2	955,38	968,10	- 12,72	±0,4776	±0,2129
3	915,06	930,65	- 15,59	±0,4575	±0,2047
4	914,35	926,30	- 11,95	±0,4571	±0,2037

Данні таблиці № 5 свідчать про те, що різниця дульних швидкостей ΔV_0 (графа d), отриманих від СВДШ SL–520PE та ДРС MFTR–2100/40, не перевищує похибку для SL–520PE (графа e) та для MFTR–2100/40 (графа f).

Для оцінки точності вимірювань початкової швидкості снарядів ОФ–29 калібру 152–мм визначається математичне очікування та середньоквадратичне відхилення початкової швидкості цих снарядів.

Результати визначення математичного очікування початкової швидкості снарядів ОФ–29 калібру 152–мм наведено в таблиці 6.

ISSN 2706-7386

Таблиця 6

Результати визначення математичного очікування V_0

№ з/п	Система вимірювання	Математичне очікування, *м/с*
1	SL–520PE	928,26
2	MFTR–2100/40	941,68

Результати визначення середньоквадратичного відхилення початкової швидкості снарядів ОФ–29 калібру 152–мм представлено в таблиці 7.

Таблиця 7

Результати визначення середньоквадратичного відхилення V_0

№ з/п	Система вимірювання	Середньоквадратичне відхилення, *м/с*
1	SL–520PE	23,49 (2,5301% $V_{сер}$)
2	MFTR–2100/40	22,98 (2,4403% $V_{сер}$)

Зібраний і проаналізований фактичний матеріал дозволяє стверджувати, що результати досліджень підтверджують висновок, що вимірювання точності значною мірою залежить від налаштування СВДШ SL–520PE та умов її розміщення відносно об'єкту, параметри якого вимірюються. Подальше дослідження цього аспекту полягає в розгляді особливостей налаштування програмного забезпеченням WinDopp (рис.9).

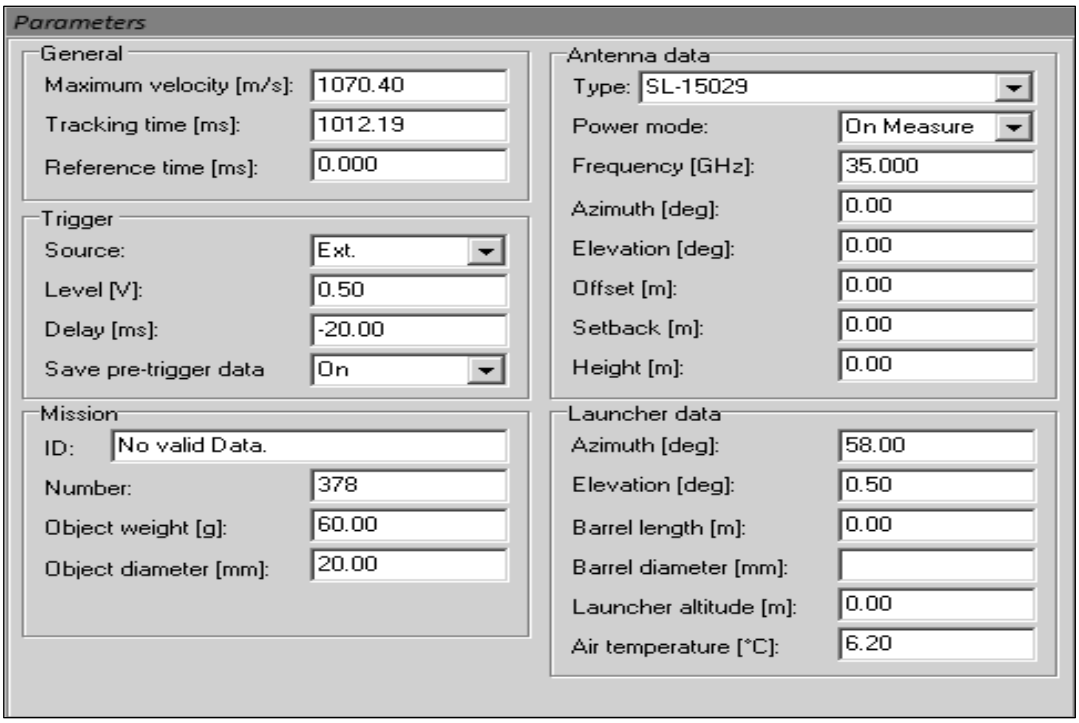


Рис.9. Діалогове вікно налаштування параметрів радару

При налаштуванні параметрів радару (Parameters) максимальне значення опції Maximum velocity (максимальна швидкість) має перевищувати будь-яку радіальну швидкість об'єкту, що спостерігається радаром впродовж усього вимірювання однієї події запуску. Занадто низьке значення максимальної швидкості (Maximum velocity) призводить до втрати даних. Занадто високе значення максимальної швидкості (Maximum velocity) призводить до звуження динамічного діапазону швидкості, що вимірюється. Результати здійсненого аналізу даних, отриманих при проведенні практичних вимірювань, дозволяють зробити висновок, що значення початкової швидкості зазначене в Таблицях стрільби, задіяних артилерійських

систем потрібно збільшувати на 12–13%, а значення часу для вимірювання швидкості, опція Tracking time (час відстеження) також доцільно збільшувати на 10%.

Запропоноване збільшення значень максимальної швидкості та часу відстеження забезпечує отримання усіх даних траєкторії, навіть якщо початкова швидкість і траєкторія будуть відрізнятися від прогнозованих.

Запуск реєстрації вимірювальної інформації може здійснюватися по спалаху, стрибку тиску при виході снаряду (міни) з каналу ствола або за зовнішнім електричним сигналом .

Під час налаштування параметрів сигналу запуску (опція Trigger) визначається джерело сигналу: оптичний детектор (FOT–2E), допплерівський сигнал (CH1 (радар)) або внутрішній мікрофон (Mic. (SL–520M). Матеріали здійснених досліджень дозволяють конкретизувати величину мінімального значення рівня сигналу запуску для кожного із джерел.

Таблиця 8

Величини мінімального значення рівня сигналу

оптичний детектор	FOT–2E	0,5В
допплерівський сигнал	CH1 (радар)	4,9В
внутрішній мікрофон	Mic. (SL–520M)	0,03В

Застосування рекомендованих значень рівня сигналу запуску дозволить забезпечити гарантоване спрацювання джерела пускового сигналу та запуск реєстрації вимірювальної інформації СВДШ .

Загальновідомо, що при пострілі з гармати (міномету) виділяється велика кількість високотемпературних газів, продуктів горіння пороху бойових зарядів та їх недопалених часток, формується звукова хвиля, що створює велику кількість хибних сигналів, які глушать корисний сигнал від об’єкта вимірювань. Період післядії (порохових газів) – це період пострілу від моменту вильоту метального елементу з каналу ствола до моменту припинення дії порохових газів на метальний елемент [6].

Період впливу завад триває приблизно від 0,0005 до 0,005 секунди та залежить від калібру системи та номеру заряду [7–8]. Для забезпечення точного визначення початкової (дульної) швидкості та зменшення впливу завад на вимірювання, необхідно точно визначати час затримки початку роботи радарної системи після пострілу. Для запису даних при визначенні опції (Delay) затримка запуску нижче нуля, режим живлення антени (Power mode) повинен бути встановлений або на “вимір” (On Measure) або “завжди увімкнено” (Always On).

Узагальнюючи результати попередніх досліджень, є підстава вважати, що з метою отримання максимальної продуктивності системи SL–520PE кут місця (Elevation) антени СВДШ повинен бути нижчий, ніж у гармати (міномету). Шляхом аналізу даних, отриманих при проведенні практичних вимірювань, можна зробити висновок, що кут місця (Elevation) антени СВДШ потрібно зменшити на 4 градуси. Таким чином, об'єкт вимірювань буде залишатися в промені антени впродовж більш тривалого періоду.

Завчасна підготовка до вимірювань та налаштування програмного забезпечення СВДШ (WinDoop), шляхом введення початкових даних, дає можливість системі визначати можливу траєкторію руху об’єкта супроводження та режими роботи. Параметри розрахованої траєкторії використовуються при супроводженні реального об’єкта, автоматично задаються параметри роботи радіолокаційного обладнання

(чутливість приймального тракту, потужність передавача, кількість елементів швидкого перетворення Фур'є та інше).

Матеріали здійснених досліджень дозволяють згрупувати запропоновані параметри за налаштуваннями опцій Maximum velocity (максимальна швидкість), Tracking time (час відстеження), мінімального значення рівня сигналу запуску джерел сигналу та оптимального значення кута місця (Elevation) антени СВДШ у комплекс рекомендацій. Можна впевнено сказати, що застосування цих рекомендацій дозволить використовувати систему вимірювання дульної швидкості SL–520PE з максимальною продуктивністю.

Варто зауважити, що в цій статті освітлювалася лише частина показників та критеріїв, що підлягали дослідженню під час випробувань об'єктів артилерійського озброєння. У межах отриманих результатів можна намітити перспективу подальшого вивчення заявленої проблеми у дослідженні можливостей подальшої обробки матеріалів (файлу даних) [4], які були отримані під час вимірювань.

Висновок. Отже, є всі підстави зробити наступний висновок: проведені дослідження дають можливість запропонувати комплекс рекомендацій із застосування допплерівських радарних систем з нерухомою головною частиною, з метою гарантованого вимірювання початкової (дульної) швидкості артилерійських снарядів (мін) під час одиночного пострілу або серії пострілів артилерійської системи, визначення середньої початкової (дульної) швидкості артилерійських снарядів (мін) у серії пострілів, забезпечення передачі виміряних даних до автоматизованої системи керування вогнем, для врахування під час балістичної підготовки стрільби артилерії та більш якісного і ефективного проведення випробувань і сертифікації артилерійського озброєння, яке пропонується на постачання до Збройних Сил України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глова Т.Я. Дослідження динаміки руху снарядів ОФ-540 (ОФ-540В) для 152–мм гармати-гаубиці Д-20 // матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2018.

2. .Косовцов Ю.М. Підвищення точності визначення швидкості польоту снаряда за даними зовнішньо траєкторних радіолокаційних вимірювань // матеріали XV Міжнародної наукової конференції. – Харків: ХНУ ПС ім..І.Кожедуба, 2019.

3. Діденко Є.Ю. Методи і засоби визначення початкової швидкості снаряду (міни) та тиску порохових газів у каналі ствола // матеріали XXVIII Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020. – Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2020.

4. Швець С.І. Пропозиції до типових методик використання допплерівських радарних систем траєкторних вимірювань при проведенні випробувань артилерійського озброєння та боєприпасів до нього/ С.І.Швець, О.Л. Кіпріянов, Ф.В.Єрмоленко, І.Г. Гайдак // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2021. – Вип. № 1(7). – С. 94–100.

5. Зозуля В.М. Звіт про науково-дослідну роботу "Дослідження можливостей проведення зовнішньо-траєкторних вимірювань параметрів рухомих об'єктів за допомогою допплерівських радарних систем" (шифр "Параметр – 40"), 0120ZS002920 / В.М. Зозуля, О.В. Юла, О.В. Рижков, В.В. Стригун, Р.Д. Барвінок та інші. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019. – С. 163–187.

6. Ляшенко В.А. Рекомендації щодо застосування радарної системи MFTR–2100/40 на основі проведеного аналізу випробувань зразків озброєння та військової техніки / В.А. Ляшенко, В.М. Зозуля, О.В.Рижков, О.В. Юла, В.В. Стригун, Р.Д. Барвинок // Збірник

наукових праць Харківський національний університет Повітряних Сил. – Харків:ХНУПС, 2021. – Вип. № 2(68). – С. 137–146.

7. Керівництво по експлуатації системи вимірювань дульної швидкості SL–520PE. – Данія, 2015. – 230 с.

8. Керівництво по експлуатації радарної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань MFTR–2100/40. – Данія, 2013 – 126 с.

9. Зброя стрілецька. Терміни та визначення понять: ДСТУ 8739:2017. – Київ: ДП"УкрНДНЦ", 2018.

10. Лисенко Л.Н. Внешняя баллистика: учебное пособие / Л.Н.Лысенко. – м.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 328 с.

11. Блинов Г.И. Теория стрельбы наземной артиллерии. Часть 1 "Причины, вызывающие рассеивание траектории" / Г.И. Блинов. – г. ленинград, 1956. – С. 5–7.

12. Загальні вимоги до радіолокаційних станцій вимірювання швидкості польоту снаряду. – Київ: КСВ, 2020.

13. Збірник таблиць стрільби:навчальний посібник / В.М. Петренко, В.Є. Житник, В.І. Макеєв та ін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 300 с.

14. Стрільба артилерії: підручник / В.М. Петренко, В.Є. Житник, В.І. Макеєв та ін. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 757 с.

Дарницький Юрій Васильович
молодший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-7123-0135
+38-093-725-69-98

Yurii Darnytskyi
Junior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-7123-0135
+38-093-725-69-98

Ляшенко Володимир Алімович
кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-0103-9815
+38-050-909-76-65

Vladimir Lyashenko
Candidate of Tehnical Scinces, Senior researcher, Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-0103-9815
+38-050-909-76-65

Швець Сергій Іванович
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1053-528X
+38-066-535-11-27

Sergiy Shvets
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1053-528X
+38-066-535-11-27

Павлюк Тетяна Василівна
молодший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна,
https://orcid.org/0000-0002-5499-3349
+38-093-841-23-99

Tetiana Pavliuk
Junior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-5499-3349
+38-093-841-23-99

ISSN 2706-7386

ANALYSIS OF PECULIARITIES FOR USE OF MUZZLE VELOCITY MEASUREMENT SYSTEM SL – 520PE AND DOPPLER RADAR TRAJECTORY MEASUREMENT SYSTEM MFTR–2100/40 DURING TESTS OF ROCKET AND ARTILLERY ARMAMENT

Y Darnitskyi, V Lyashenko, S Shvets, and T Pavliuk

The article presents a comparative analysis of test results in which the SL–520PE muzzle velocity measurement system and the MFTR – 2100/40 Doppler radar system were used. A set of recommendations is proposed, which are aimed at improving the efficiency of the organization and the quality of tests during which the parameters of the initial (muzzle) velocity of the measured objects are determined.

Qualitative testing of a wide range of new and modernized models of rocket and artillery armament largely depends on modern radar measurement systems.

Recently, the Armed Forces of Ukraine (Armed Forces of Ukraine) have been using the SL – 520PE muzzle velocity measurement system and the Doppler radar system MFTR – 2100/40 to determine the initial (muzzle) velocity and trajectory measurements of rocket and artillery armament.

The issue of checking the compliance of the parameters of modern models of rocket and artillery armament with the stated specifications is well-timed and is constantly in the focus of attention of the leadership of the Armed Forces of Ukraine.

The above mentioned determines the relevance of scientific research to solve the problem of testing rocket and artillery armament by developing a set of recommendations aimed at improving the efficiency of the organization and quality of tests during which the parameters of the initial (muzzle) velocity of measured objects are determined.

Thus, anticipating the urgency of this issue there was an initiation of research on the feasibility for use of SL–520PE muzzle velocity measurement system and the MFTR – 2100/40 Doppler radar system, taking into account their practical employment. Therefore, the author's team considers it appropriate to contemplate certain test methods using the above measurement systems.

The conducted research makes it possible to offer recommendations on setting the options Maximum Velocity, Tracking Time; to determine the magnitude of the minimum value of the start signal level, source of signal, and the optimal value of the angle (Elevation) of the SL–520PE antenna for reliable measurement of the initial (muzzle) velocity of artillery shells (mines) during a single shot or a series of shots of the artillery system; determination of the average initial (muzzle) velocity of artillery shells (min) in a series of shots; ensuring the transmission of measured data to the automated fire control system for calculation of ballistic range correction in the process of artillery firing and more efficient testing and certification of artillery weapons offered for procurement to the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: *tests, rocket and artillery armament, muzzle velocity measurement system, radar system, initial (muzzle) velocity, object of measurements, trajectory.*