

УДК 358.111

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.2\(30\).24-29](https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.2(30).24-29)**В. В. ПЕТУШКОВ**, кандидат технічних наук<https://orcid.org/0000-0001-6393-1062>*(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)***О. В. ЗУБАРЄВ**, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0001-5590-7660>*(Державна компанія "Укрспецекспорт", м. Київ)***В. О. ЩЕТИНІН**<https://orcid.org/0000-0002-4621-9820>*(ТОВ "ТЮРИНГІЗМУС", м. Київ)*

## ОКРЕМІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СТРІЛЬБИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ

*У статті проводиться аналіз помилок, що супроводжують стрільбу артилерії. Висвітлено підходи до підвищення точності стрільби артилерії за рахунок оснащення гармат автоматизованими системами управління вогнем та балістичними радарми, впровадження унікального маркування снарядів*

**Ключові слова:** *повна підготовка, серединна помилка, автоматизована система управління вогнем, снаряд, балістичний радар.*

### ВСТУП

Аналіз збройних конфліктів останніх десятиріч та ведення бойових дій в Антитерористичній операції на Сході України свідчать про неухильне підвищення ролі вогневого ураження противника та ролі артилерії, як основного засобу вогневого ураження. Тому, в сучасних умовах важливого значення набуває підвищення ефективності бойового застосування артилерії.

Одним із важливих факторів, що впливає на ефективність вогню артилерії, є точність стрільби. Отже, вкрай актуальним є впровадження заходів, спрямованих на підвищення точності стрільби артилерії.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ПУБЛІКАЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

Підвищенням ефективності стрільби артилерії займаються всі провідні країни світу, оснащуючи артилерійські підрозділи автоматизованими системами управління вогнем, які застосовують новітні розробки електронно-обчислювальної техніки для проведення розрахунків для стрільби.

Такі системи дозволяють проводити складні обчислення, що дає можливість відмовитися від застосування класичних "ручних" методів розрахунку установок для стрільби та перейти до безпосереднього обчислення даних шляхом вирішення систем диференційних рівнянь. Автоматизація процесів обчислень під час підготовки стрільби з використанням таких підходів дає можливість зменшити помилки повної підготовки, зокрема зменшити не менше ніж на порядок значення помилки визначення кута прицілювання в залежності від дальності, помилки визначення деривації, помилки визначення топографічних даних і поправок на відхилення умов стрільби від табличних.

Крім цього, впровадження машинних засобів обчислень дозволяє забезпечити більш точне врахування відхилень маси снарядів, а також їх балістичних особливостей.

На думку військових фахівців провідних країн світу, під час здійснення широкомасштабних операцій оснащення артилерійських підрозділів автоматизованими системами управління вогнем та балістичними радарми значно підвищує їх ефективність. Використання в сучасних автоматизованих системах управління вогнем досягнень в галузі електроніки, створення ефективних алгоритмів та математичних моделей дають можливість в реальному масштабі часу підготувати і відкрити вогонь по цілях, через кілька секунд після їх виявлення.

**Метою статті** є аналіз помилок, що супроводжують стрільбу артилерії. Висвітлено підходи до підвищення точності стрільби артилерії за рахунок оснащення гармат автоматизованими системами управління вогнем та балістичними радарми, впровадження унікального маркування снарядів.

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

Як відомо [1 – 3] основним способом визначення установок для стрільби на ураження артилерії є повна

підготовка. Для розрахунку установок використовують різні вихідні дані: координати цілі і вогневої позиції, відхилення метеорологічних і балістичних умов від табличних, а також дані технічної підготовки.

Виходячи із змісту і порядку виконання завдань повної підготовки, можна виділити такі незалежні групи помилок:

- помилки в положенні цілі;
- помилки топогеодезичної підготовки вогневої позиції;
- помилки метеорологічної підготовки;
- помилки балістичної підготовки;
- помилки таблиць стрільби;
- помилки технічної підготовки;
- помилки визначення установок.

Помилки кожної з вищезазначених груп приводять до помилок визначення установок для стрільби. Сумарні серединні помилки, які характеризують точність повної підготовки по дальності (EX) та по напрямку (EZ) можна представити виразами (1) і (2):

$$E_X^2 = E_{X_{ц}}^2 + E_{X_{мz}}^2 + E_{X_{м}}^2 + E_{X_{б}}^2 + E_{X_{mc}}^2 + E_{X_{mex}}^2 + E_{X_{py}}^2; \quad (1)$$

$$E_Z^2 = E_{Z_{ц}}^2 + E_{Z_{мz}}^2 + E_{Z_{м}}^2 + E_{Z_{mc}}^2 + E_{Z_{mex}}^2 + E_{Z_{py}}^2, \quad (2)$$

де  $E_{X_{ц}}$  ( $E_{Z_{ц}}$ ) – серединна помилка дальності (напрямку) внаслідок помилок визначення положення цілі;

$E_{X_{мz}}$  ( $E_{Z_{мz}}$ ) – серединна помилка дальності (напрямку) внаслідок помилок топогеодезичної прив'язки вогневої позиції;

$E_{X_{м}}$  ( $E_{Z_{м}}$ ) – серединна помилка дальності (напрямку) внаслідок помилок метеорологічної підготовки;

$E_{X_{б}}$  – серединна помилка дальності внаслідок помилок балістичної підготовки;

$E_{X_{mc}}$  ( $E_{Z_{mc}}$ ) – серединна помилка дальності (напрямку) внаслідок помилок таблиць стрільби;

$E_{X_{mex}}$  ( $E_{Z_{mex}}$ ) – серединна помилка дальності (напрямку) внаслідок помилок технічної підготовки;

$E_{X_{py}}$  ( $E_{Z_{py}}$ ) – серединна помилка дальності (напрямку) внаслідок помилок визначення установок.

Величина кожної складової помилки повної підготовки та її вага в загальній помилці залежать від багатьох факторів, зокрема типу артилерійської системи, заряду, дальності стрільби, умов стрільби, тощо.

Так, джерелами складових загальної помилки повної підготовки є:

щодо визначення положення цілі – помилки визначення координат і висоти цілі;

щодо топогеодезичної прив'язки вогневої позиції – помилки визначення координат і висоти вогневої позиції та орієнтування гармат;

щодо метеорологічної підготовки – помилки визначення відхилень наземного тиску, балістичного відхилення температури повітря, поздовжньої та бокової складових балістичного вітру;

щодо балістичної підготовки – помилки у визначенні відхилення початкової швидкості снарядів, температури повітря та балістичних властивостей снаряду;

щодо технічної підготовки – помилки перевірки прицільних пристроїв;

щодо таблиць стрільби – помилки основної табличної залежності – визначення кута прицілювання в залежності від дальності, помилки визначення деривації та помилки визначення табличних поправок на відхилення умов стрільби від табличних;

щодо визначення установок для стрільби – помилки визначення топографічних даних та вирахованих установок для стрільби, округлення.

Порядок визначення величини складових загальної помилки повної підготовки та відповідні формульні залежності наведено в низці спеціальної літератури [2–4].

Відповідно до [2] у табл. 1 наведено значення точносних характеристик точності окремих джерел помилок, які притаманні існуючому порядку підготовки стрільби.

Таблиця 1

Характеристики точності окремих джерел помилок при визначенні установок способом повної підготовки

Серединна помилка	Значення серединної помилки
Визначення координат і висоти цілі	$E_{X_{ц}} = E_{Z_{ц}} = 10\text{--}30$ м; $E_{h_{ц}} = 5$ м
Визначення координат і висоти вогневої позиції	$E_{X_{мz}} = E_{Z_{мz}} = 25$ м; $E_{h_{мz}} = 5$ м
Орієнтування гармат в основному напрямку стрільби	$E_{op} = 2$ поділки кутоміру
Визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів	$E_{V_0} = 0,2\% V_0$
Визначення температури зарядів	$E_{T_3} = 1,5^\circ\text{C}$
Визначення відхилення наземного тиску повітря	$E_{\Delta H} = 2$ мм рт. ст.
Визначення балістичного відхилення температури повітря	$E_{\Delta T} = 1,5^\circ\text{C}$
Визначення поздовжньої та бічної складових балістичного вітру	$E_{W_x} = E_{W_z} = 1,7$ м/с
Помилка прицільних пристроїв	$E_{\varphi_n} = 1$ тис. $E_{\gamma_n} = 0,6$ поділок кутоміру
Визначення топографічних даних	$E_{X_{m.d.}} = 5$ м; $E_{Z_{TD}} = \frac{5}{0,001 \cdot D_T^H}$
Визначення обчислених поправок (за допомогою графіка)	$E_{X_{sp}} = 0,2\% D_T^H$ ; $E_{Z_{sp}} = 1$ поділка кутоміру
Округлення установок прицілу та кутоміра	$E_{X_{ок}} = 0,2$ тис. ; $E_{Z_{ок}} = 0,2$ поділок кутоміру
Таблиць стрільби	$E_{X_{TC}} = 0,3\% D_T^H$ ; $E_{Z_{TC}} = 0,07 \cdot Z$

Відхилення маси снаряду від табличної [5] маркується безпосередньо на снаряді та позначається позначками «Н», «-», «+» відповідно до табл. 2.

Таблиця 2

Позначення відхилення маси снаряда, що наноситься на снаряді

Позначення	----	---	--	-	Н	+	++	+++	++++
Відхилення маси снаряду, % табличної маси	$-3 \dots -2\frac{1}{3}$	$-2\frac{1}{3} \dots -1\frac{2}{3}$	$-1\frac{2}{3} \dots -1$	$-1 \dots -\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3} \dots +\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3} \dots +1$	$+1 \dots +1\frac{2}{3}$	$+1\frac{2}{3} \dots +2\frac{1}{3}$	$+2\frac{1}{3} \dots +3$

Виходячи з табл. 2, фактичне значення відхилення маси снаряда округлюється до значення відповідної позначки, ціна поділки якої дорівнює 2/3 % табличної маси снаряда (що для 152-мм снаряда складає 290 – 300 грам). Внаслідок округлення виникають помилки, розподіл яких підпорядковується закону рівної імовірності. Для врахування такої помилки з рештою помилок, що підпорядковуються нормальному закону розподілу, зазвичай використовують приведену серединну помилку, яка в цьому випадку буде дорівнювати:

$$E_{X_q} = 0,2 \cdot \Delta X_q, \quad (3)$$

де  $\Delta X_q$  – таблична поправка на відхилення маси снаряда.

Використовуючи наведене вище, з використанням таблиць стрільби [6 – 8] розраховано значення величин помилок дальності для повної підготовки при стрільбі 152-мм гармати 2А36, 152-мм гаубиці 2А65 та 122-мм гаубиці Д-30, результати розрахунків значення наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Сумарна помилка повної підготовки в дальності та вага її складових частин

Найменування артилерійської системи	Дальність стрільби	Сумарна помилка, % дальності стрільби	Середня вага складових сумарної помилки в дальності						
			$E_{X_{\eta}}$	$E_{X_{m\epsilon}}$	$E_{X_{\sigma}}$	$E_{X_m}$	$E_{X_{mex}}$	$E_{X_{mc}}$	$E_{X_{py}}$
2А36	Д <sub>мах</sub>	0,736	0,037	0,026	0,221	0,471	0,001	0,166	0,078
	0,8Д <sub>мах</sub>	0,690	0,067	0,054	0,216	0,359	0,026	0,189	0,090
	0,6Д <sub>мах</sub>	0,727	0,117	0,123	0,209	0,195	0,097	0,171	0,087
	0,4Д <sub>мах</sub>	1,105	0,187	0,276	0,099	0,039	0,273	0,075	0,052
	0,2Д <sub>мах</sub>	4,125	0,310	0,436	0,009	0,001	0,222	0,005	0,017
2А65	Д <sub>мах</sub>	0,712	0,056	0,040	0,179	0,465	0,003	0,178	0,081
	0,8Д <sub>мах</sub>	0,692	0,094	0,075	0,183	0,334	0,034	0,189	0,089
	0,6Д <sub>мах</sub>	0,754	0,155	0,150	0,173	0,164	0,114	0,160	0,083
	0,4Д <sub>мах</sub>	1,178	0,227	0,293	0,081	0,029	0,255	0,066	0,048
	0,2Д <sub>мах</sub>	4,101	0,341	0,439	0,008	0,001	0,192	0,005	0,014
Д-30	Д <sub>мах</sub>	0,833	0,116	0,083	0,115	0,492	0,002	0,130	0,062
	0,8Д <sub>мах</sub>	0,852	0,175	0,136	0,102	0,369	0,028	0,126	0,064
	0,6Д <sub>мах</sub>	0,983	0,251	0,227	0,089	0,206	0,071	0,098	0,058
	0,4Д <sub>мах</sub>	1,556	0,317	0,398	0,045	0,045	0,120	0,039	0,036
	0,2Д <sub>мах</sub>	5,713	0,384	0,549	0,004	0,001	0,050	0,003	0,009

Виходячи з аналізу джерел помилок, можна зробити висновок, що помилки, пов'язані із визначенням положення цілі та метеорологічною підготовкою, визначаються технічними характеристиками засобів артилерійської розвідки та метеорологічної підготовки стрільби. Помилки топогеодезичної прив'язки вогневої позиції та помилки технічної підготовки пов'язані з характеристиками засобів топогеодезичної підготовки стрільби та технічними характеристиками прицільних пристроїв гармат. Дослідження цих помилок є предметом окремих досліджень.

Аналіз табл. 1 свідчить, що значення решти помилок в дальності на ефективній дальності стрільби може

досягати до 45 % загальної величини помилки повної підготовки, а саме:

балістичної підготовки – до 22 %;

помилки визначення установок – до 6 – 8 %;

помилки таблиць стрільби – до 17 % загальної величини помилки.

Відповідно до [2] серединна помилка балістичної підготовки по дальності визначається виразом (3):

$$E_{X_{\sigma}}^2 = 0,1 \Delta X_{T_3}^2 \times E_{\Delta T_3}^2 + \Delta X_{V_0}^2 \times E_{\Delta V_{осум}}^2 + E_{X_{сн}}^2, \quad (4)$$

де  $E_{\Delta T_3}$ ,  $E_{\Delta V_0}$  – серединні помилки визначення відхилення балістичних умов (температури заряду та відхилення початкової швидкості снаряду) від табличних значень;

$E_{x_{сн}}$  – серединна помилка, викликана відхиленням балістичних властивостей снаряда від табличних значень  $E_{x_{сн}} = 0,3\Delta X_H$  ;

$\Delta X_{T3}$  – таблична поправка дальності на відхилення температури зарядів на  $10^\circ \text{C}$  ;

$\Delta X_{V_0}$  – таблична поправка дальності на відхилення початкової швидкості снаряду на 1 %.

Серединна помилка визначення установок по дальності визначається виразом (4)

$$E_{x_{PV}} = \sqrt{E_{x_{Td}}^2 + E_{x_{GP}}^2 + E_{x_{\Delta q}}^2 + E_{x_{OK}}^2}, \quad (5)$$

де  $E_{x_{Td}}$  – серединна помилка визначення топографічної дальності;

$E_{x_{GP}}$  – серединна помилка визначення вирахованих поправок в дальності;

$E_{x_{\Delta q}}$  – серединна помилка дальності на врахування відхилення маси снаряду;

$E_{x_{OK}}$  – серединна помилка дальності внаслідок округлення установок прицілу.

Аналіз джерел помилок балістичної підготовки, визначення установок для стрільби, таблиць стрільби свідчить, що значна їх частина зумовлена спрощеннями та допущеннями, прийнятими внаслідок застосування ручного розрахунку установок для стрільби.

Натомість, однією з сучасних тенденцій розвитку артилерійських систем є їх оснащення автоматизованими системами управління вогнем [9 – 11]. Такі системи дозволяють проводити складні обчислення, що дає можливість відмовитися від застосування класичних “ручних” методів розрахунку установок для стрільби та перейти до безпосереднього обчислення даних шляхом вирішення систем диференціальних рівнянь. Автоматизація процесів обчислень під час підготовки стрільби з використанням таких підходів дає можливість зменшити помилки повної підготовки, зокрема зменшити не менше ніж на порядок значення помилки визначення кута прицілювання в залежності від дальності, помилки

визначення деривації, помилки визначення топографічних даних і поправок на відхилення умов стрільби від табличних.

Крім цього, впровадження машинних засобів обчислень дозволяє забезпечити більш точне врахування відхилень маси снарядів, а також їх балістичних особливостей.

Проте, існуючий порядок маркування снарядів (табл. 2) не дозволяє отримати більш точну інформацію про вагові характеристики снаряду, а також будь-яку інформацію про його балістичні особливості. Крім того, існуючий порядок не дозволяє реалізувати автоматизацію введення цих даних в автоматизовану систему управління вогнем гармати.

Одним з можливих шляхів покращення ситуації є запропонований авторами варіант нанесення на снаряд під час його виробництва унікального маркування у вигляді QR-коду з внесенням відповідної інформації про конкретний снаряд до бази даних [12].

При цьому, значення відхилення маси снаряду від табличної може бути визначено з точністю, що відповідає допустимій похибці ваг, що використовуються на виробництві. Наприклад, відповідно до [13] вага 152-мм снаряду під час цього виробництва визначається безпосереднім зважуванням на вагах з допустимою похибкою не більше  $\pm 0,01$  кг, тобто близько 0,02 % табличної маси.

База даних про боеприпаси формується на підприємстві-виробнику під час виготовлення снарядів та завантажується в постійну пам'ять автоматизованої системи управління вогнем гармат з отриманням цієї партії боеприпасів.

До складу системи управління вогнем гармат вводиться спеціальний сканер, який за QR-кодом ідентифікує снаряд перед заряджанням і дані про нього автоматично завантажуються для використання під час розрахунку установок для стрільби.

Структурно запропонований підхід показано на рис. 1.

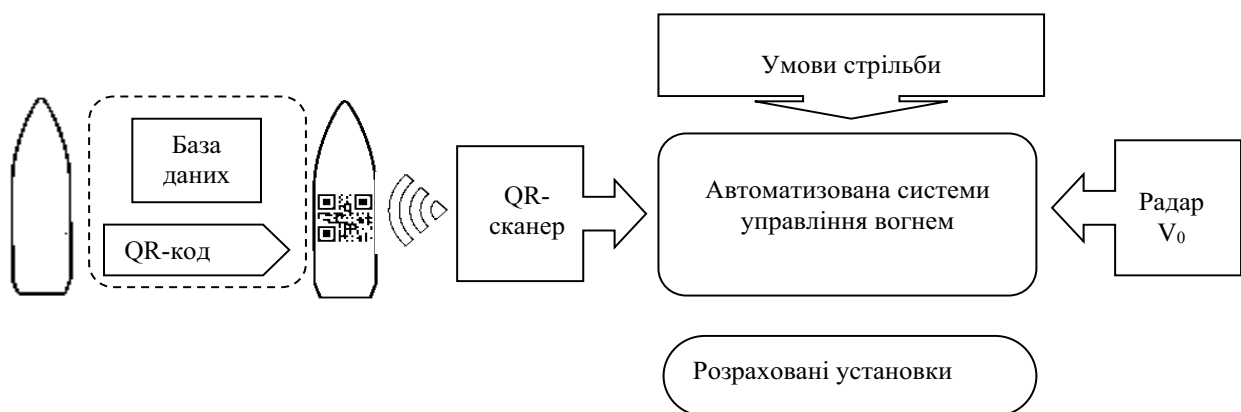


Рис. 1. Структурна схема системи управління вогнем гармат

Обладнання гармат автоматизованими системами управління вогнем дозволяє включати до складу гармат балістичні радары визначення початкової швидкості снарядів та використовувати їх дані для балістичних обчислень. Прикладом такого радару є вироб серії MVR-700S виробництва датської компанії Weibel [14], а також виріб РСВШ-112L4, що розробляється україн-

ською компанією «ХК "Укрспецтехніка"» [15]. Застосування таких радарів дозволяє суттєво підвищити точність балістичної підготовки. Точність визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряда такими системами складає 0,05 – 0,1 % величини початкової швидкості снаряда [14, 15].

Виходячи з вищенаведеного можливо розрахувати орієнтовні значення відносного зменшення сумарної похибки повної підготовки завдяки провадженню авто-

матизованих систем управління гармат та унікального маркування снарядів. Розраховані значення для прикладу, що розглядався вище, наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Орієнтовні значення відносного зменшення сумарної похибки повної підготовки

Найменування артилерійської системи	Середнє значення сумарної помилки в дальності повної підготовки (при стрільбі на 0,5 – 1 $D_{\max}$ ), % дальності стрільби			Відносне зменшення величини сумарної помилки повної підготовки (без / з врахуванням балістичного радару)
	при існуючому порядку розрахунків	за запропонованими підходами (без врахування балістичного радару)	за запропонованими підходами (з врахуванням балістичного радару)	
2А36	0,814	0,696	0,661	-14,4 % / - 18,9 %
2А65	0,833	0,725	0,687	-12,9 % / - 17,5 %
Д-30	1,053	0,970	0,949	-7,9 % / - 9,9 %
в середньому				-11,7 % / - 15,4 %

## ВИСНОВКИ

Обладнання гармат автоматизованими системами управління вогнем та балістичних радарів, впровадження унікального маркування снарядів забезпечують істотне покращення точності вогню артилерії. Такі підходи можуть забезпечити зменшення сумарної помилки повної підготовки в середньому на 11,7 – 15,4 %, а для далекобійних артилерійських систем таке зменшення може сягати 17,5 – 19 %.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Аверьянов А.И. Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии. ВАОЛКА им. М.И. Калинина. 1978. 454 с.
2. Круковский А.С. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии: учебник. М: Воениздат. 1987. 376 с.
3. Теоретические основы управления ракетными ударами и огнем ракетных войск и артиллерии. СПб: Военный артиллерийский ун-т. 2004. 380 с.
4. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. Военно-теоретический тр. СПб.: Галера Принт. 2006. 424 с.
5. Маркировка на снарядах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sci.house/bazyi-raket-arsenalyi-scibook/321-markirovka-snaryadah-72998.html>.
6. Таблицы стрельбы для равнинных и горных условий 152-мм самоходной пушки 2С5 и 152-мм буксируемой пушки 2А36, ТС РГ № 0273. М: Воениздат. 1982. 215 с.
7. Таблиці стрільби 152-мм причіпної гаубиці 2А65, 152-мм самохідної гаубиці 2С19, ТС № 00001 (2017 року): навч. посібн. Львів: Нац. акад. сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. 2017. 760 с.
8. Таблицы стрельбы 122-мм гаубицы Д-30, ТС № 145. М.: Воениздат, 1982. 223 с.
9. Gerard Turbe. Artillery: A Changing world. Military technology. 2008. № 6. Pp. 102—115.
10. Меняющийся мир артиллерии. Ч. 1. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://topwar.ru/55182-меняющийся-мир-артиллерии.html>.
11. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Концепція самохідних

аргсистем нової генерації [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ukrmilitary.com/2017/05/concept-of-new-generation-self-propelled-artillery-system.html>.

12. Сертифікація боеприпасів, як складова частина екосистеми “ARPOS”. Презентаційні матеріали ТОВ “ТЮРИНГІЗМУС”. Київ. 2020. 8 с.
13. Осколково-фугасний снаряд ОФ-29. ТУ У 25.4-14307699-059:2018. Київ. 2018. 38 с.
14. MVRS-700SC. Muzzle velocity radar system. Specification. Allerød Denmark. 2011. 27 p.
15. ХК “Укрспецтехніка” завершила заводські випробування нової РЛС РСВШ-112L4 [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://defence-ua.com/news/hk\\_ukrspetstehnika\\_zavershila\\_zavodski\\_viprobuvannja\\_novoji\\_rls\\_rsvsh\\_112l4\\_foto-2818.html](https://defence-ua.com/news/hk_ukrspetstehnika_zavershila_zavodski_viprobuvannja_novoji_rls_rsvsh_112l4_foto-2818.html).

## REFERENCES

1. Averianov, A.I. (1978). “Teoreticheskie osnovy upravleniia ognem nazemnoi artillerii” [Theoretical Foundations of Ground Artillery Fire Control], VAOLKA im. M.I. Kalinina. 454 p.
2. Krukovskii, A.S. (1987). “Podgotovka strelby i upravleniia ognem artillerii: uchebnik” [Preparation of shooting and artillery fire control], textbook: Voениzdat. M. 376 p.
3. Military Artillery University (2004), “Teoreticheskie osnovy upravleniia raketnymi udarami i ognem raketnyh voisk i artillerii” [Theoretical foundations of missile strike and fire control of missile forces and artillery]. 380 p.
4. Military theoretical work (2006), “Otsenka effektivnosti ogneвого porazheniia udarami raket i ognem artillerii” [Evaluation of the effectiveness of fire damage by missile strikes and artillery fire]. SPb. 424 p.
5. “Markirovka na snaryadah” [Projectile markings]. Available at: <https://sci.house/bazyi-raket-arsenalyi-scibook/321-markirovka-snaryadah-72998.html>.
6. “Tablitsy strelby dlia ravninnyh i gornyyh uslovii 152-mm samohodnoi pushki 2S5 i 152-mm buksiruemoi pushki 2A36” [Firing tables for flat and mountainous conditions 152-mm self-propelled gun 2S5 and 152-mm towed gun 2A36], Voениzdat, M. 1982. 215 p.

7. Tutorial “Tablici strilbi 152-mm prichipnoi gaubici 2A65, 152-mm samohidnoi gaubici 2S19, TS № 00001 (2017 roku)” [Tables of firing of the 152-mm trailed howitzer 2A65, 152-mm self-propelled howitzer 2C19, TS № 00001]. 2017. 760 p.
8. “Tablicy strelby 122-mm gaubitsy D-30” [Tables of firing of the 122-mm howitzer D-30], Voenizdat. M. 1982. 223 p.
9. Gerard Turbe. Artillery: A Changing world. Military technology. 2008. № 6. Pp. 102—115.
10. “Meniaiushchiisa mir artillerii. Ch. 1” [The changing world of artillery (P. 1)], available at: <https://topwar.ru/55182-menyayuschisya-mir-artillerii.html>.
11. Krainik, L.V. & Grubel, M.G. Koncepciiia samohidnih artsistem novoi generacii. Available at: <https://www.ukrmilitary.com/2017/05/concept-of-new-generation-self-propelled-artillery-system.html>.
12. «Sertifikatsiia boeprispasiv, yak skladova chastina ekosistemi “ARPOS”» [Ammunition certification as an integral part of the ecosystem “ARPOS”]. Prezentatsiini materiali TOV “TYURINGIZMUS”. K. 2020. 8 p.
13. Specifications TU U 25.4-14307699-059:2018. (2018). “Oskolkovo-fugasnii snariad OF-29” [High-explosive projectile fragmentation OF-29]. K. 2018. 38 p.
14. MVR5-700SC. Muzzle velocity radar system. Specification. Allerød Denmark. 2011. 27 p.
15. HK “Ukrspetstekhnika” zavershila zavodski viprobuvannia novoi RLS RSVSH-112L4” [HK “Ukrspetstekhnika” completed factory tests of the new RLS RSVSH-112L4], available at: [https://defence-ua.com/news/hk\\_ukrspetstekhnika\\_zavershila\\_zavodski\\_viprobuvannja\\_novoji\\_rls\\_rsvsh\\_112l4\\_foto-2818.html](https://defence-ua.com/news/hk_ukrspetstekhnika_zavershila_zavodski_viprobuvannja_novoji_rls_rsvsh_112l4_foto-2818.html).

**Petushkov V., Zubarev O., Shchetinin V.**

### SEPARATE APPROACHES TO IMPROVING THE ACCURACY OF ARTILLERY FIRE

*The article analyzes the errors that accompany the firing of artillery. Approaches to improving the accuracy of artillery firing by equipping guns with automated fire control systems and ballistic radars, the introduction of unique marking of shells are highlighted.*

*Analysis of the armed conflicts of recent decades, the conduct of hostilities in the Anti-Terrorist Operation in eastern Ukraine shows a steady increase in the role of enemy fire and the role of artillery as the main means of fire. Therefore, in modern conditions it is important to increase the effectiveness of combat use of artillery.*

*One of the important factors influencing the effectiveness of artillery fire is the accuracy of firing. Therefore, it is extremely important to implement measures aimed at improving the accuracy of artillery fire.*

*All leading countries of the world are engaged in improving the efficiency of artillery firing, equipping artillery units with automated fire control systems that use the latest developments in computer technology to perform calculations for firing.*

*Such systems allow for complex calculations, which makes it possible to abandon the use of classical «manual» methods of calculating installations for firing and move to direct calculation of data by solving systems of differential equations. Automation of computational processes during shooting preparation using*

*such approaches makes it possible to reduce errors of full training, in particular to reduce by at least an order of magnitude the error in determining the aiming angle depending on range, derivation errors, errors in determining topographic data and corrections for deviations from shooting conditions.*

*In addition, the introduction of computing tools allows to provide a more accurate account of the deviations of the mass of the shells, as well as their ballistic features.*

**Keywords:** complete training, intermediate error, automated fire control system, projectile, ballistic radar.

#### **Відомості про авторів:**

##### **Петушков Володимир Валерійович**

кандидат технічних наук

начальник науково-дослідного відділу розвитку ракетного озброєння та військової техніки тактичного і оперативного-тактичного призначення науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України,

м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-6393-1062>

e-mail: [developervia@i.ua](mailto:developervia@i.ua)

#### **Information about the authors:**

##### **Volodymyr Petushkov**

Candidate of Technical Sciences

Head of the Research Department for the Development of Missile Weapons and Military Equipment of Tactical and Operational-Tactical Purpose of the Research Department for the Development of Weapons and Military Equipment of the Land Forces of Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine,

Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6393-1062>

e-mail: [developervia@i.ua](mailto:developervia@i.ua)

##### **Зубарєв Олександр Валерійович**

кандидат технічних наук

старший науковий співробітник

головний спеціаліст ДК “Укрспецекспорт”

м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-5590-7660>

e-mail: [aleksanderzubarev@gmail.com](mailto:aleksanderzubarev@gmail.com)

##### **Oleksandr Zubarev**

Candidate of Technical Sciences

Senior Researcher

Chief Specialist of SC “Ukrspesexport”,

Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-5590-7660>

e-mail: [aleksanderzubarev@gmail.com](mailto:aleksanderzubarev@gmail.com)

##### **Щетінін Володимир Олегович**

директор ТОВ “Тюрінгізмус”,

м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-4621-9820>

e-mail: [v.shchetinin@turingismus.com](mailto:v.shchetinin@turingismus.com)

##### **Volodymyr Shchetinin**

director of CEO “Turingismus”,

Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4621-9820>

e-mail: [v.shchetinin@turingismus.com](mailto:v.shchetinin@turingismus.com)

Стаття надійшла до редколегії 18.02.2021.