

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРНОЇ ДАЛЬНОСТІ ПОЛЬОТУ СНАРЯДА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ АПРОКСИМУЮЧОЇ ФУНКЦІЇ ОПОРУ ПОВІТРЯ

*У статті наведено процедури розрахунку опорної дальності польоту снаряда, яка отримана на основі експериментальних даних балістичних стрільб, для формування апроксимуючої функції опору повітря. Запропоновано алгоритми приведення результатів артилерійських балістичних стрільб до нормальних умов, які реалізовані за допомогою поправкових коефіцієнтів, визначених методом числового розв'язку системи рівнянь просторового руху снаряда.*

**Постановка проблеми та огляд останніх досліджень і публікацій.** У ході розробки та модернізації снарядів, їх конструювання та випробування значна увага приділяється питанням дослідження та визначення їх аеродинамічних характеристик. Найбільше впливає на рух снаряда в повітрі сила його лобового опору [1, 2]. Основний метод вивчення та визначення сили лобового опору повітря базується на вимірюванні в двох і більше точках початкової ділянки траєкторії швидкості польоту снаряда [3]. За отриманими дослідними даними для різних початкових швидкостей снаряда можна побудувати графік функції лобового опору залежно від швидкості його польоту [3, 4].

Перевагами методу визначення лобового опору повітря за зміною швидкості є можливість досліджувати опір для снарядів у натуральну величину, але він має ряд значних недоліків:

при малих швидкостях снарядів дає великі похибки, враховуючи, що опір незначний, а збільшувати відстань між точками, у яких вимірюється швидкість, не можна через зниження траєкторії над дотичною;

необхідність проводити велику кількість пострілів та мати необхідне обладнання для вимірювання швидкості польоту снаряда.

Перспективним напрямком визначення сили лобового опору повітря руху снарядів є метод апроксимації її функціями, які можна описати аналітичними виразами на основі отриманих експериментальних значень опорної дальності, що дозволяють якісно відображати характерні ділянки експериментальної кривої та не вимагають значного устаткування, вирішуються за допомогою використання ЕОМ [5, 6]. Сутність запропонованого методу полягає в тому, що апроксимуюча функція обчислюється за непогодженням експериментальних даних – вектора  $T$  (значення опорної дальності, яка вимірюється засобами артилерійської розвідки на підставі визначення точок падіння (розривів) снарядів) та вектора  $T^g$ , який визначається на основі розв'язання системи рівнянь, які описують просторовий рух снаряда в повітрі [1]:

$$\left\| \frac{T - T^g}{T} \right\| \leq \eta,$$

де  $T^g = \{T(\chi, g(v))\}$ ;

$g(v)$  – апроксимуюча функція;

$\chi$  – зовнішні параметри задачі;

$\eta$  – довільне, наперед задане число (визначається вимогами до точності складання Таблиць стрільби на артилерійську систему).

Таким чином, основним джерелом експериментально отриманої інформації є результати стрільби артилерійських систем: значення опорної дальності, яка вимірюється засобами артилерійської розвідки на підставі визначення точок падіння (розривів) снарядів.

**Метою статті** є розробка процедури розрахунку опорної дальності польоту снаряда на основі отриманих експериментальних даних балістичних стрільб для формування апроксимуючої функції лобового опору повітря.

**Виклад основного матеріалу.** Балістичні стрільби снарядів відбуваються в реальних умовах, які завжди відмінні від нормальних (табличних), відповідно результати балістичних стрільб повинні бути приведені до нормальних умов. Це досягається розрахунком та додаванням до них поправок, які враховують відхилення умов стрільби від нормальних.

Розрахунок опорної дальності подамо у такій послідовності (рис. 1):

розрахунок числових характеристик експериментальних балістичних стрільб;

приведення результатів балістичних стрільб до нормальних умов.

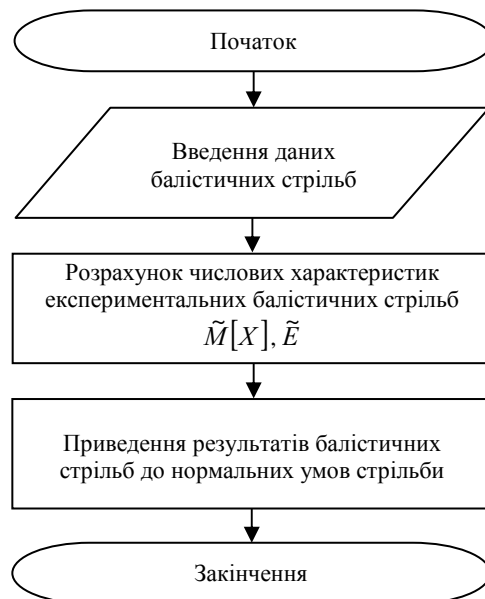


Рис. 1. Схема алгоритму розрахунку числових характеристик експериментальних балістичних стрільб

У результаті експериментальних досліджень балістичних стрільб встановлюється ряд реалізацій дальності стрільби залежно від кута кидання та величини заряду пострілу (початкової швидкості).

Результати стрільб у переважній більшості відповідають нормальному закону розподілу випадкових величин [7, 8]. У процесі розрахунку числових характеристик за результатами експериментальних балістичних стрільб доводиться мати справу не з

точними значеннями, а лише із середніми статистичними (середнє арифметичне за результатами випробувань).

Першою оцінкою результатів стрільби є величина середнього статистичного, яка дорівнює [7]:

$$\tilde{M}[X] \approx \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

де  $x_i$  – результат  $i$ -го випробування;

$n$  – кількість усіх випробувань.

Координати точок падіння снарядів визначаються у вибраній (базовій) системі координат. За координатами  $x, z$  вираз (1) набуде вигляду:

$$\tilde{M}_x \approx \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad \tilde{M}_z \approx \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}. \quad (2)$$

Дисперсія, яка характеризує розкид точок розривів снарядів відносно його математичного сподівання, має вигляд:

$$\tilde{D}[X] = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{M}_x)^2}{n-1}. \quad (3)$$

За координатами точок падіння снарядів  $x, z$  вираз (3) набуде вигляду:

$$\tilde{D}_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{M}_x)^2}{n-1}; \quad \tilde{D}_z = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \tilde{M}_z)^2}{n-1}. \quad (4)$$

Залежності для середнього квадратичного відхилення та середнього відхилення набудуть вигляду [3, 7]:

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{M}_x)^2}{n-1}} \quad \text{та} \quad \tilde{E} = \rho \sqrt{2} \tilde{\sigma} = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{M}_x)^2}{n-1}},$$

відповідно

$$\tilde{E}_x = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{M}_x)^2}{n-1}}; \quad \tilde{E}_z = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \tilde{M}_z)^2}{n-1}}. \quad (5)$$

Приводити результати балістичних стрільб до нормальних умов будемо в такій послідовності:

розрахунок поправкових коефіцієнтів елементів траєкторії польоту снарядів;  
 розрахунок зміни середнього значення дальності стрільби, що досліджується  
 внаслідок відхилення параметрів польоту снаряда;  
 розрахунок дальності, що відповідає нормальним умовам.  
 Алгоритм приведення результатів балістичних стрільб до нормальних умов  
 зображений на рис. 2.

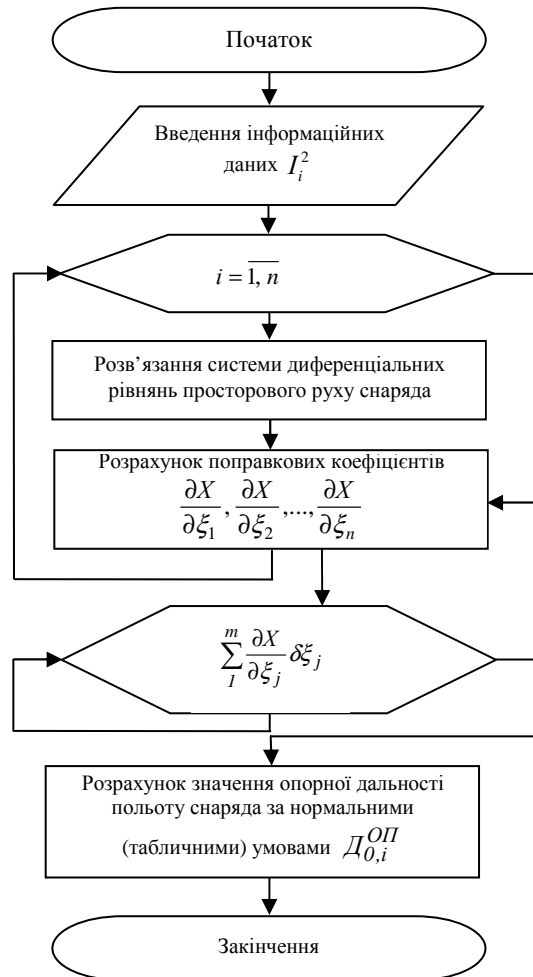


Рис. 2. Блок-схема алгоритму приведення результатів балістичних стрільб до нормальних умов

Під введенням інформаційних даних  $I_i$  будемо розуміти введення значень  $(D_{1,1}^{OP}, \dots, D_{i,j}^{OP})$  – опорної дальності, яка визначається на основі визначення точок падіння (розривів) снарядів за даними вимірювання результатів балістичних стрільб артилерійських систем.

У загальному випадку значення опорної дальності польоту снаряда  $(D_{1,1}^{OP}, \dots, D_{i,j}^{OP})$  подамо у вигляді  $n \times m$  матриці, яка складається з варіацій значень опорних дальностей польоту снаряда залежно від швидкості його польоту  $V_{0,i}$  та кута кидання  $\theta_{0,j}$ :

$$\|D_{i,j}^{OP}(V_{0,i}, \theta_{0,j})\|_{n,m} = \begin{pmatrix} D_{11}^{OP}(V_{0,1}, \theta_{0,1}) & D_{12}^{OP}(V_{0,1}, \theta_{0,2}) & \dots & D_{1m}^{OP}(V_{0,1}, \theta_{0,m}) \\ D_{21}^{OP}(V_{0,2}, \theta_{0,1}) & D_{22}^{OP}(V_{0,2}, \theta_{0,2}) & \dots & D_{2m}^{OP}(V_{0,2}, \theta_{0,m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{n,1}^{OP}(V_{0,n}, \theta_{0,1}) & D_{n,2}^{OP}(V_{0,n}, \theta_{0,2}) & \dots & D_{n,m}^{OP}(V_{0,n}, \theta_{0,m}) \end{pmatrix},$$

де  $(V_{0,1}, V_{0,2}, \dots, V_{0,n})$  – варіації швидкості польоту снаряда;

$(\theta_{0,1}, \theta_{0,2}, \dots, \theta_{0,m})$  – варіації кута кидання снаряда;

$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ .

Приводити результати балістичних стрільб до нормальних умов будемо за допомогою поправкових коефіцієнтів [3].

Візьмемо за  $X$  значення дальності польоту снаряда, яке залежить від ряду параметрів, розрахункові значення яких позначимо як  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$  та запишемо у вигляді

$$X = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n). \quad (6)$$

Відхилення параметрів від їх розрахункових значень позначимо  $\delta\xi_1, \delta\xi_2, \dots, \delta\xi_n$ , які призводять до зміни дальності польоту снаряда  $\delta X$ .

Відповідно до (6) запишемо  $X + \delta X = f(\xi_1 + \delta\xi_1, \xi_2 + \delta\xi_2, \dots, \xi_n + \delta\xi_n)$ , на підставі цього відхилення дальності польоту снаряда  $\delta X$  матиме вигляд:

$$\delta X = f(\xi_1 + \delta\xi_1, \xi_2 + \delta\xi_2, \dots, \xi_n + \delta\xi_n) - f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n). \quad (7)$$

Як правило, відхилення параметрів при стрільбі артилерії незначні [7, 8], тому вираз (7) можна розкласти в ряд Тейлора [8]:

$$\begin{aligned} f(\xi_1 + \delta\xi_1, \xi_2 + \delta\xi_2, \dots, \xi_n + \delta\xi_n) = & f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) + \left( \frac{\partial f}{\partial \xi_1} \delta\xi_1 + \frac{\partial f}{\partial \xi_2} \delta\xi_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial \xi_n} \delta\xi_n \right) + \\ & + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 f}{\partial \xi_1^2} \delta\xi_1^2 + 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi_1 \partial \xi_2} \delta\xi_1 \delta\xi_2 + \dots + \frac{\partial^2 f}{\partial \xi_n^2} \delta\xi_n^2 \right) + R, \end{aligned} \quad (8)$$

де  $R$  – остаточно член ряду.

Використовуючи вираз (8), відхилення дальності польоту снаряда  $\delta X$  можна подати як

$$\delta X = \sum_1^n \frac{\partial f}{\partial \xi_i} \delta\xi_i + \frac{1}{2} \sum_1^n \left[ \frac{\partial f}{\partial \xi_i} \delta\xi_i \right]^2 + R, \quad (9)$$

де  $\sum_1^n \frac{\partial f}{\partial \xi_i} \delta\xi_i$  – лінійні члени приросту;

$\frac{1}{2} \sum_1^n \left[ \frac{\partial f}{\partial \xi_i} \delta\xi_i \right]^2$  – квадратичні члени приросту.

Практика балістичних стрільб показує [3, 7, 8], що при аналізі точності стрільби відбуваються незначні зміни дальності польоту снаряда  $\delta X$ , а це дає можливість квадратичним членом приросту та остаточно членом ряду знехтувати, враховуючи при цьому тільки лінійну частину:

$$\delta X = \sum_1^n \frac{\partial f}{\partial \xi_i} \delta\xi_i = \frac{\partial f}{\partial \xi_1} \delta\xi_1 + \frac{\partial f}{\partial \xi_2} \delta\xi_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial \xi_n} \delta\xi_n. \quad (10)$$

З урахуванням того, що  $\frac{\partial f}{\partial \xi_1} = \frac{\partial X}{\partial \xi_1}, \frac{\partial f}{\partial \xi_2} = \frac{\partial X}{\partial \xi_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial \xi_n} = \frac{\partial X}{\partial \xi_n}$ , вираз (10) для  $\delta X$  має вигляд:

$$\delta X = \frac{\partial X}{\partial \xi_1} \delta \xi_1 + \frac{\partial X}{\partial \xi_2} \delta \xi_2 + \dots + \frac{\partial X}{\partial \xi_n} \delta \xi_n, \quad (11)$$

де  $\frac{\partial X}{\partial \xi_1}, \frac{\partial X}{\partial \xi_2}, \dots, \frac{\partial X}{\partial \xi_n}$  – поправкові коефіцієнти для визначення дальності польоту снаряда.

Для визначення поправкових коефіцієнтів для визначення дальності польоту снаряда застосуємо метод різниць [9, 10]: метод числового розв'язання системи рівнянь просторового руху снаряда [10].

Загальну схему визначення поправкових коефіцієнтів  $\frac{\partial X}{\partial \xi}$  для визначення дальності польоту снаряда  $X$  за параметром  $\xi$  подамо таким чином:

обчислюється дальність польоту снаряда при значенні параметра, що досліджується  $\xi_n + \delta \xi$  (значення решти параметрів візьмемо номінальними), отримане значення дальності позначимо як  $X_1$ ;

обчислюється дальність польоту снаряда при значенні параметра, що досліджується  $\xi_n - \delta \xi$  (значення решти параметрів візьмемо номінальними), отримане значення дальності позначимо як  $X_2$ ;

обчислюється поправковий коефіцієнт за формулою

$$\frac{\partial X}{\partial \xi} = \frac{X_1 - X_2}{2\delta \xi}; \quad (12)$$

розраховується сумарна поправка на відхилення параметрів польоту снаряда:

$$\delta X = \sum_1^m \frac{\partial X}{\partial \xi_j} \delta \xi_j, \quad (13)$$

де  $m$  – кількість поправок метеорологічних, балістичних та геофізичних параметрів польоту снаряда, для яких має місце їх відхилення від номінальних значень та які враховуються при приведенні результатів балістичних стрільб до нормальних умов.

Опорна дальність польоту снаряда за нормальними значеннями параметрів польоту снаряда  $D^{оп}$  визначається шляхом додавання сумарної поправки до значення середньої статистичної дальності:

$$D^{оп} = \tilde{M}[X] + \delta X. \quad (14)$$

Таким чином, отримані значення опорної дальності снаряда за нормальними умовами  $D^{оп}$  використовуються для формування апроксимуючої функції  $g(v)$ .

Проведемо розрахунки величин поправок 122-мм гаубиці (Г) Д-30. Основними параметрами, які враховуються при стрільбі з Г Д-30, є [11]: повздовжній вітер –  $\delta W$ ; тиск повітря –  $\delta H$ ; температура повітря –  $\delta T$ ; початкова швидкість –  $\delta V_0$ ; температура заряду –  $\delta T_z$ ; маса заряду –  $\delta q$ , які наведені в Таблицях стрільби з дискретністю відповідно – 10 м/с, 10 мм,  $10^0$ , 1%,  $10^0$ , один знак.

Таким чином, основними поправковими коефіцієнтами, які враховуються при визначенні дальності польоту снаряда, є

$$\frac{\partial X}{\partial \xi_j} = \left\{ \frac{\partial X}{\partial W}, \frac{\partial X}{\partial H}, \frac{\partial X}{\partial T}, \frac{\partial X}{\partial V_0}, \frac{\partial X}{\partial T_z}, \frac{\partial X}{\partial q} \right\}, \quad (15)$$

де  $\frac{\partial X}{\partial \xi_j}$  – поправкові коефіцієнти на повздовжній вітер, тиск та температуру повітря, початкову швидкість, температуру та масу заряду.

Під нормальними умовами будемо розуміти такі умови, за якими розраховуються траєкторії просторового руху снарядів [3, 12], на основі яких розраховуються Таблиці стрільби. До них віднесемо:

а) геофізичні умови:

вогнева позиція та ціль розміщені на одній висоті; висота вибуху дорівнює нулю;

вплив обертання Землі не враховується;

б) балістичні умови:

балістичні, інерційно-вагові характеристики, аеродинамічні коефіцієнти сил, моментів мають паспортні (формулярні) та табличні значення;

початкова швидкість снаряда таблична;

температура заряду нормальна ( $T_z = +15^0 C$ );

в) метеорологічні умови:

тиск повітря на рівні вогневої позиції – 1000 мб, (750 мм. рт. ст.);

температура повітря на рівні вогневої позиції –  $T = +15^0 C$  при вологості 50%;

розподіл температури повітря з висотою – нормальний артилерійський;

віртуальна температура розраховується для відносної вологості, яка дорівнює 50% на всіх висотах;

атмосфера нерухома (швидкість вітру на всіх висотах дорівнює нулю).

Розрахунки величин поправок (15) за алгоритмом (рис. 2) шляхом інтегрування основної системи диференціальних рівнянь просторового руху снаряда ОФ-462Ж 122-мм Г Д-30 [3, 13] наведено в табл. 1.

*Таблиця 1*

Значення поправок 122-мм Г Д-30, снаряд ОФ-462Ж

$\delta X_i$	Заряд повний							Заряд другий					Заряд четвертий			
	4000	6000	8000	10000	1200	14000	15300	4000	6000	8000	10000	11000	4000	5000	6000	6530
$\delta X_i$	60	81	95	106	114	127	141	47	59	72	87	90	65	80	95	92

Продовження табл. 1

$\delta X_i$	Заряд повний							Заряд другий					Заряд четвертий			
	4000	6000	8000	10000	1200	14000	15300	4000	6000	8000	10000	11000	4000	5000	6000	6530
$\delta X_{T_3}$	48	64	76	84	91	102	113	18	23	28	35	36	19	24	28	29
$\delta X_H$	14	30	46	61	76	95	113	12	19	30	45	46	6	9	13	14
$\delta X_{T_3}$	29	64	111	162	214	259	277	53	100	148	188	189	21	29	39	43
$\delta X_w$	25	62	120	196	283	381	473	78	153	235	316	322	41	59	84	99
$\delta X_q$	5	2	-4	-9	-14	-21	-27	7	6	4	0	0	16	19	21	22

Оцінимо точність визначення поправок, при цьому її визначимо як ступінь збігу отриманих значень величин поправок, які розраховані за допомогою системи диференціальних рівнянь, що описують просторовий рух снаряда, та даних, наведених у Таблицях стрільби на артилерійську систему Г Д-30. Оберненою величиною до точності визначення поправок візьмемо її абсолютну та відносну похибку [9].

Так, абсолютна похибка розрахунків відхилень величин поправок визначається з виразу

$$\delta X_i^A = |\delta X_i^{MM} - \delta X_i^{TC}|, \quad (16)$$

де  $\delta X_i^{MM}$ ,  $\delta X_i^{TC}$  – відповідно значення  $i$ -ї величини поправки снаряда ОФ-462Ж 122-мм ГД-30, розрахованої з використанням системи диференціальних рівнянь просторового руху снаряда (табл. 1) і значення  $i$ -ї величини поправки за даними Таблиць стрільби [11].

Відносна похибка розрахунків відхилень величин поправок має значення

$$\delta X_i^B = \left| \frac{\delta X_i^{MM} - \delta X_i^{TC}}{\delta X_i^{TC}} \right| \cdot 100\%. \quad (17)$$

На рис. 3 наведено розрахункові дані величини абсолютної та відносної похибки розрахунків відхилень величин поправок  $\delta X_i$ .

**Висновок.** Точність Таблиць стрільби залежить від точності визначення основної табличної залежності і від точності розрахунку табличних поправкових даних.

Основна таблична залежність визначається на підставі опорної дальності за результатами балістичних стрільб з відповідних артилерійських систем. У статті запропоновано алгоритми приведення опорної дальності балістичних стрільб до нормальних умов, які реалізовані за допомогою поправкових коефіцієнтів, розрахунок яких здійснюється методом числового розв'язку системи рівнянь просторового руху снаряда.

Оцінення точності визначення поправок для 122-мм Г Д-30 снаряда ОФ-462Ж показало, що величина абсолютної похибки розрахунків поправок за допомогою числового розв'язку системи рівнянь просторового руху снаряда на малих і середніх дальностях має мінімальне значення, зі збільшенням дальності похибка зростає. Оцінення точності визначення поправок для 122-мм Г Д-30 снаряда ОФ-462Ж показало, що величина абсолютної похибки розрахунків поправок за допомогою числового розв'язку системи рівнянь просторового руху снаряда на малих і середніх дальностях має мінімальне значення, зі збільшенням дальності похибка зростає.



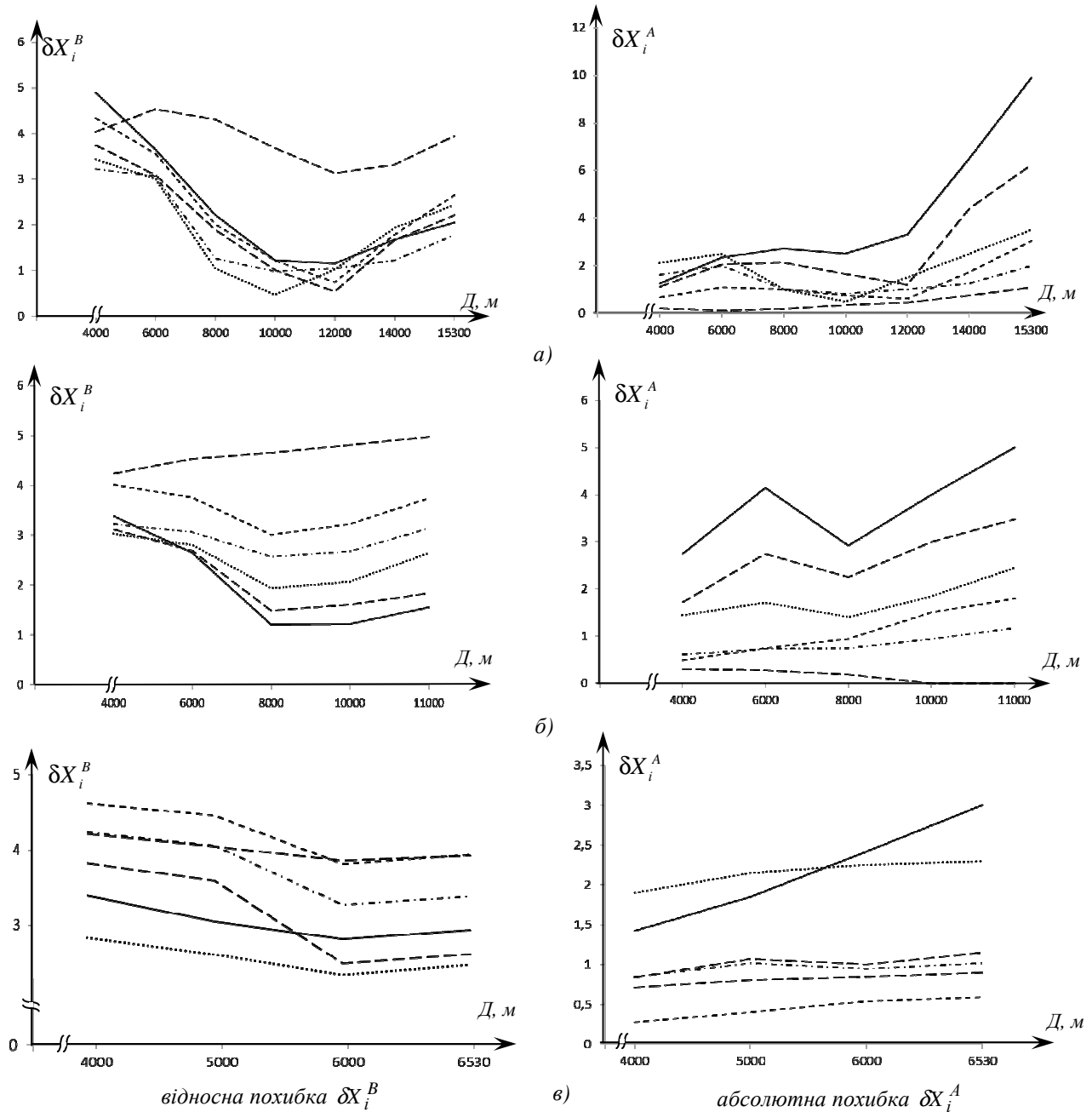


Рис. 3. Значення відносної та абсолютної похибки розрахунків відхилень величин поправок  
..... а) заряд повний, б) заряд другий, в) заряд четвертий

$\delta X_{V_0}$ ;  $\delta X_{T_3}$ ;  $\delta X_H$ ;  $\delta X_T$ ;  $\delta X_W$ ;  $\delta X_q$

Найбільше значення має похибка визначення повздовжнього вітру, найменше – похибка температури повітря. Величина відносної похибки розрахунків поправок має найбільше значення на малих дальностях стрільби, найменше – на середніх. Зі зменшенням величини заряду розкид похибок розрахунків поправок суттєво зменшується та має практично однакове значення на всіх дальностях стрільби. Значення відносної похибки не перевищує 5% величини табличних поправок та в середньому становить  $3 \div 3,5\%$ . Проведені дослідження показали, що отримані значення поправок Таблиць стрільби практично не впливають на точність визначення опорної дальності польоту снаряда для складання Таблиць стрільби.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аржаников Н. С. Аэродинамика летательных аппаратов / Н. С. Аржаников, Г. С. Садекова. – М. : Высшая школа, 1983. – 359 с.
2. Аэродинамика баллистического полета / Ю. М. Липницкий, А. В. Красильников, А. Н. Покровский, В. Н. Шманенков ; под ред. Липницкого Ю. М. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 176 с.
3. Дмитриевский А. А. Внешняя баллистика / А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лисенко. – М. : Машиностроение, 2005. – 607 с.
4. Равдин И. Ф. Внешняя баллистика / И. Ф. Равдин. – Ленинград : ЛКВВИА им. Можайского, 1956. – 292 с.
5. Грабчак В. І. Аналіз існуючих та перспективних методів визначення сили опору повітря руху снарядів / В. І. Грабчак, С. В. Бондаренко // Військово-технічний збірник. – Львів : АСВ, 2013. – Вип. 2. (9). – С. 13–19.
6. Грабчак В. І. Апроксимація сили опору повітря руху снарядів аналітичними функціями / В. І. Грабчак, Ю. М. Косовцов, С. В. Бондаренко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К. : НУОУ, 2014. – Вип. 1(19). – С. 19–23.
7. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии ; под ред. Круковского А. С. – М. : Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.
8. Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии ; под ред. Волобуева В. И. – М. : Воениздат, 1987. – 376 с.
9. Дубовик В. П. Вища математика / В. П. Дубовик, І. І. Юрик. – К. : А.С.К., 2006. – 648 с.
10. Калиткин Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – М. : Наука, 1978. – 512 с.
11. Таблицы стрельбы 122-мм гаубицы Д-30 / [авт. текста Р. А. Кулаковский]. – М. : Воен. издательство, 1984. – 224 с.
12. Лисенко В. М. Теорія польоту / В. М. Лисенко, В. І. Грабчак, Д. А. Новак. – Суми : СумДУ, 2006. – 203 с.
13. Грабчак В. І. Математична модель руху центру мас снаряда з гіроскопічною стабілізацією / В. І. Грабчак, С. В. Бондаренко, С. В. Стеців // Військово-технічний збірник. – Львів : АСВ, 2014. – Вип. 2. (11). – С. 7–12.

Подано 02.02.2015

**С. В. Бондаренко**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНОЙ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА СНАРЯДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА**

*В статье приведены процедуры расчета опорной дальности полета снаряда, которая получена на основании экспериментальных данных баллистических стрельб, для формирования аппроксимирующей функции сопротивления воздуха. Предложены алгоритмы приведения результатов артиллерийских баллистических стрельб к нормальным условиям, которые реализованные с помощью поправочных коэффициентов,*

*рассчитанные методом численного решения системы уравнений пространственного движения снаряда.*

**S. V. Bondarenko**

**CALCULATION OF REFERENCE RANGE OF A PROJECTILE FLIGHT FOR THE FORMATION OF THE APPROXIMATING FUNCTION OF AIR RESISTANCE**

*The article presents procedures of reference range calculation of a projectile flight, which was obtained on the basis of experimental data of ballistic firing for the formation of approximating function of air resistance. Algorithms of results of artillery ballistic firing reduction to normal conditions, which have been performed with the aid of correction coefficient, calculated by the method of numerical calculation of simultaneous equations of the projectile spatial movement have been presented.*