

*Заневський І. П., Коростильова Ю. С., Михайлов В. В.*

## НЕСПЕЦИФІЧНІСТЬ ТРЕНУВАННЯ З ОПТОЕЛЕКТРОННОЮ МІШЕННЮ В СТРІЛЬБІ З ПНЕВМАТИЧНОГО ПІСТОЛЕТА

*Львівський державний університет фізичної культури*

### АНОТАЦІЇ

У роботі визначено системи координат точки прицілювання й віртуальних пробоїн оптоелектронної тренувальної системи СКАТТ при стрільбі з пневматичного пістолету. Розроблено метод оцифрування положення точок на графіках траєкторії і координат інтерфейсу СКАТТ. Порівняно між собою середні координати й розсіяння положення віртуальних пробоїн за різних способів тренування пострілу (кулькою, повітрям і вхолосту).

*Ключові слова:* кульова стрільба, пневматичний пістолет, тренування, оптоелектронна система СКАТТ.

В работе определены системы координат точки прицеливания и виртуальных пробоин оптоэлектронной тренировочной системы СКАТТ при стрельбе из пневматического пистолета. Разработан метод оцифровки положения точек на графиках траектории и координат интерфейса СКАТТ. Проведено сравнение между собою средних арифметических координат и рассеяния положения виртуальных пробоин при разных способах тренировки выстрела (пулькой, воздухом и в холостую).

*Ключевые слова:* пулевая стрельба, пневматический пистолет, тренировка, оптоэлектронная система СКАТТ.

In article coordinate systems of sight point and virtual holes of the optoelectronic training system SCATT are elaborated in the article. A method of digitization of coordinate of points on trace graphs and the trajectory of SCATT interface is developed. Mean values and dispersion of virtual holes coordinates location using different types of shot training (with pellets, with compressed air, and dry firing) are compared.

*Key words:* pellet shooting, air-pistol, training, optoelectronic SCATT system.

*Постановка проблеми.* Загострення спортивної конкуренції у стрілецьких видах спорту спонукає спортсменів і тренерів до пошуків нових інтенсивних способів підвищення спортивної майстерності і, перш за все, технічної підготованості. У зв'язку з цим останнім часом набули популярності оптоелектронні тренувальні системи Noptel [7] і СКАТТ [6]. Українські стрільці здебільшого користуються системою СКАТТ, яка визнається корисною й зручною у тренуванні. Однак залишається нез'ясованим питання про

особливості тренування з оптоелектронною мішенню порівняно з тренуванням реальними пострілами кульками. Зокрема, необхідно мати кількісну порівняльну характеристику віртуальних результатів, зафіксованих системою СКАТТ і реальних пробоїн від кульок.

Дослідження проводились в рамках завдань НДР за темою 2.2.5 “Моделювання процесів взаємодії тіла людини зі спортивним приладдям” Зведеного плану науково-дослідної роботи у сфері фізичної культури і спорту на 2006-2010 роки (№ держреєстрації 0106U012607).

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Оптоелектронні тренувальні системи широко використовуються у різних видах стрілецького спорту для контролю й відпрацювання стійкості зброї, точності наведення на мішень і чистоти спуску курка [2, 4] або випуску тятиви (у стрільбі з лука) [3]. Окрім того, системи фіксують час прицілювання, інтервали між пострілами та інші параметри [7].

У методичних рекомендаціях до тренувальної системи СКАТТ вказано на два фактори, які зумовлюють неспецифічність тренування у порівнянні з виконанням реального пострілу з кулею, а саме: відсутність віддачі зброї та звуку пострілу [6]. Однак розробники СКАТТ вважають, що від тренувань “в холосту” немає жодної шкоди. Стверджується, що після 2-3 місяців тренувань з оптоелектронною системою спортсменам достатньо провести 3-5 вправлянь з реальною стрільбою кульками, щоб звикнути до віддачі зброї. На основі багаторічного досвіду, накопиченого стрільцями й тренерами збірних команд Росії та СРСР з кульової стрільби, стрільцям високого класу рекомендують витратити на тренування зі СКАТТом до 70-80 % тренувального часу в основний тренувальний період і до 30-50 % під час змагального періоду. Тим стрільцям, кому не подобається тренуватися зі СКАТТом, рекомендують використовувати тренажер тільки для діагностики помилок і для пошуку нових напоготівок.

Зазначається, що неспецифічність тренування зі СКАТТом стосовно реальної змагальної вправи дає позитивний ефект для початківців, тому що

віддача й звук сповільнюють процес навчання у 2-3 рази. Вважається, що “чим пізніше новачок отримає патрони, тим краще”. Однак підкреслюється, що неможливо досягнути високого результату, тренуючись тільки на тренажері й не користуючись патронами тому, що на результат значно впливає величина патронів [6].

*Метою роботи* є кількісна оцінка неспецифічності тренування з оптоелектронною системою СКАТТ у порівнянні з виконанням реального пострілу кулькою на прикладі стрільби з пневматичного пістолета.

*Завдання дослідження.*

1. Визначити системи координат точки прицілювання й віртуальних пробоїн на мішені СКАТТ.

2. Розробити метод оцифрування точок на графіках траєкторії (Trace) і координат (Distance) інтерфейсу СКАТТ.

3. Порівняти між собою середні координати й розсіяння положення віртуальних пробоїн за різних способів тренування (постріли кулькою, повітрям і вхолосту).

*Методи дослідження:* оптоелектронна реєстрація рухів; метод Шапіра-Уїлка; однофакторний дисперсійний аналіз; статистичні тести на основі  $t$ -критерію Стьюдента й  $F$ -критерію Снедекора; офісні комп'ютерні технології (Excel, Paint).

*Результати дослідження.* Відповідно до правил стрільби з пневматичного пістолета [5] спортсмен високої кваліфікації виконав 90 тренувальних пострілів по 30 з кулькою, повітрям і вхолосту. В експерименті використано пневматичний пістолет Steyr LP-10 та кульки Finale Match калібру 4,49 мм. Щоб елімінувати вплив реакції антиципації на характер утримання зброї при виконанні серії експериментальних пострілів безпосередньо перед спуском курка, експеримент проводився так, щоб стрілець не знав чи пістолет заряджено кулькою, чи відбудеться випуск повітря, чи постріл буде холостим. Для цього пістолет для пострілу готував асистент, приховуючи від стрільця

спеціальним щитком важіль затвору (рис. 1). Окрім того, послідовність пострілів кулькою, повітрям чи вхолосту визначалася довільно.

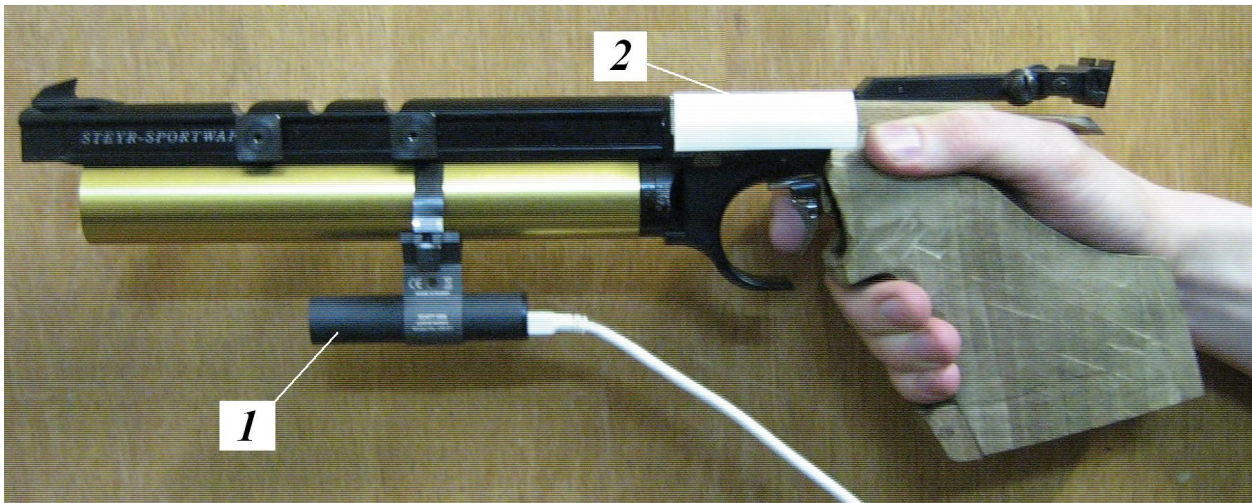


Рис. 1. Пістолет під час експериментального пострілу: 1 – сенсор системи СКАТТ; 2 – спеціальний щиток, що приховує важіль затвору.

Прямокутна система координат на зображенні мішені СКАТТ з траєкторією прицілювання (спуск курка в т.  $A$ ) й віртуальною пробоюною (т.  $S$ ) має початок (т.  $O$ ) в лівому верхньому куті робочого поля графічного редактора Paint (рис. 2).

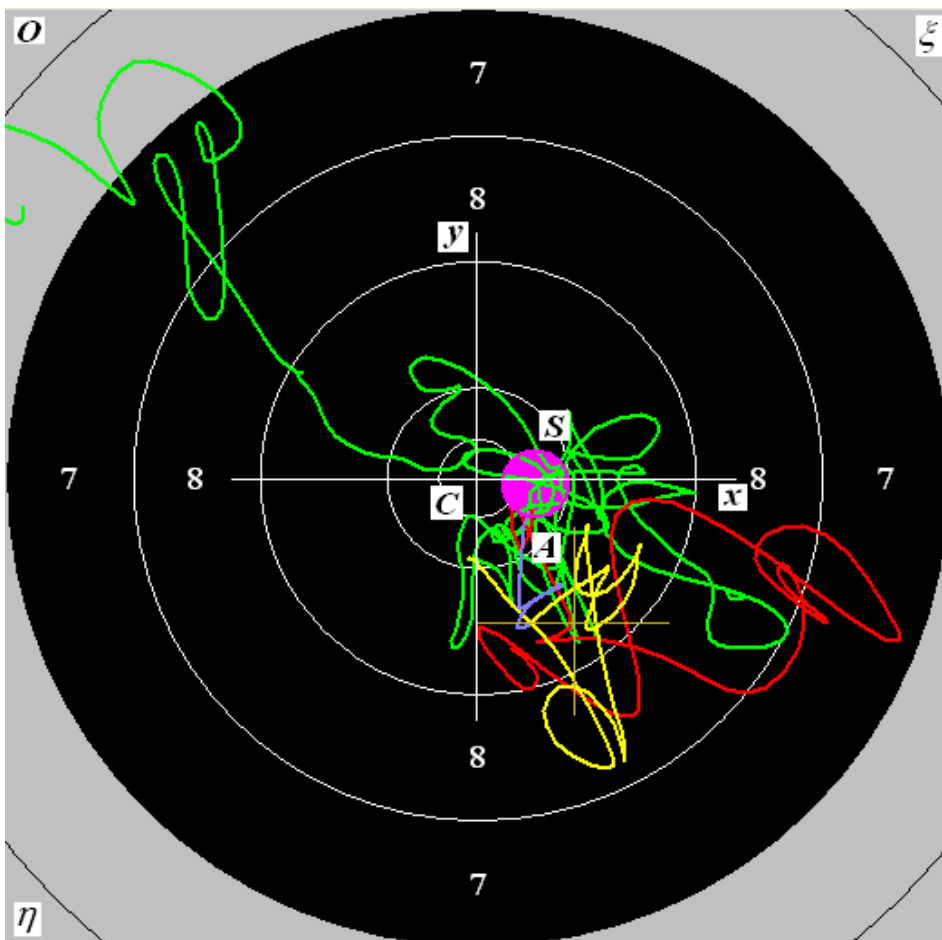


Рис. 2. Віртуальна мішень СКАТТ (Trace), опрацьована в програмі Paint:  $A$  – точка прицілювання в момент спуску курка;  $S$  – віртуальна пробоїна.

Горизонтальна вісь ( $\xi$ ) має додатний напрямок вправо, а вертикальна ( $\eta$ ) – вниз. Масштаб зображення мішені визначено за діаметром кола 7-7:  $\mu = \frac{l}{\lambda} = 0,0891$  мм/пікс, де  $l = 59,5$  мм – діаметр кола мішені 7-7 [5];  $\lambda = 672$  – відповідний розмір на екрані комп'ютера у пікселях. Обчислення проведено в Excel програмі. Координати центра пробоїни на мішені визначалися виразами:  $x_s = \mu (\xi_s - \xi_c)$ ;  $y_s = \mu (\eta_c - \eta_s)$ , де буквою  $C$  позначено центр мішені.

Таким чином, створений на основі офісних комп'ютерних технологій (Excel, Paint) метод оцифрування координат точок на графіках траєкторії (Trace) і віддалення від осей (Distance) інтерфейсу СКАТТ показав свою простоту і точність для отримання кількісної оцінки неспецифічності оптоелектронного способу тренування в стрільбі з пневматичного пістолета. Похибка оцифрування координат знаходиться в межах 0,1 мм.

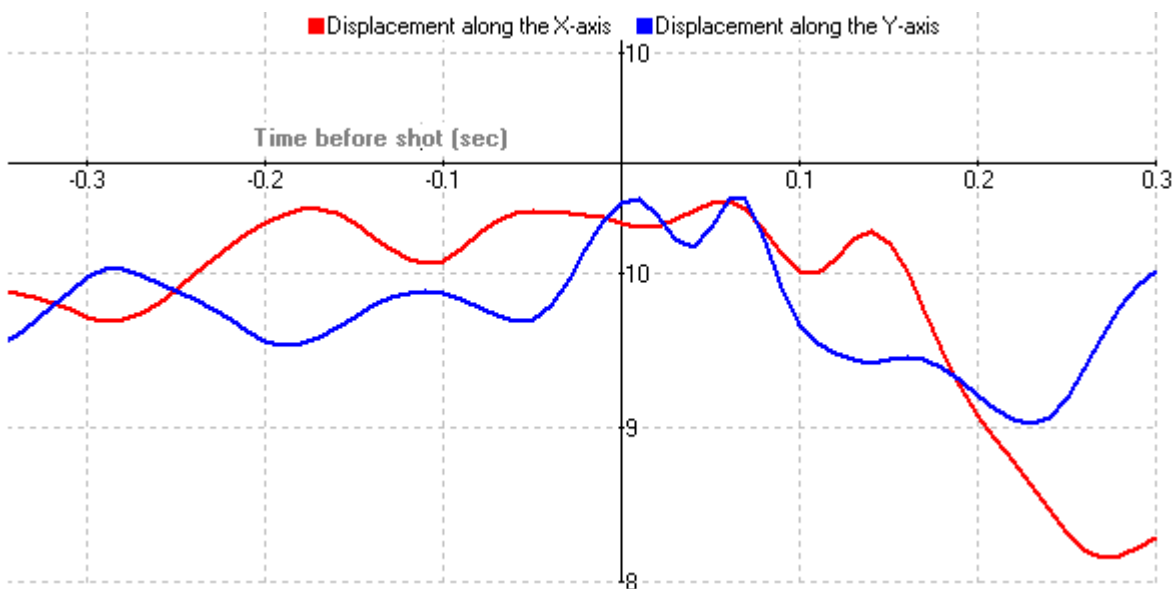


Рис. 3. Графіки (Distance) залежностей координат точки прицілювання (т.  $A$  на рис. 2) відносно центру мішені від часу (8, 9 і 10 – номери кіл мішені):  $X$  – горизонтальна координата (додатний напрямок – вниз);  $Y$  – вертикальна координата (додатний напрямок – вверх).

Розробники системи зазначають, що комп'ютерна програма СКАТТ використовує алгоритм, за яким вираховується поправка на латеральний рух зброї під час вильоту кулі зі ствола. Кількісно величина цієї поправки задається відповідним значенням коефіцієнта латеральної складової руху кульки. Річ у тім, що вилетівши зі ствол, кулька продовжує поперечний рух у тому ж напрямку, що й торець ствола на момент пострілу. Зокрема, зазначається, якщо у стрільця погана стійкість, СКАТТ зображує пробоїну осторонь від траєкторії. Оскільки в документації до системи СКАТТ не описано положення системи координат точки прицілювання й віртуальних пробоїн, а використовуються декілька систем координат, розглянемо докладніше це питання. Наприклад (див. *рис. 2*), в момент пострілу точка прицілювання має координати на мішені  $x_A = 3,16$  мм і  $y_A = -2,06$  мм, а віртуальна пробоїна –  $x_S = 3,48$  мм і  $y_S = -0,24$  мм. Користувачам системи пропонується експериментальним шляхом підбирати оптимальне значення відповідного коефіцієнта латеральної складової руху кульки, яке відповідає “дистанції стрільби та швидкості кулі” [5].

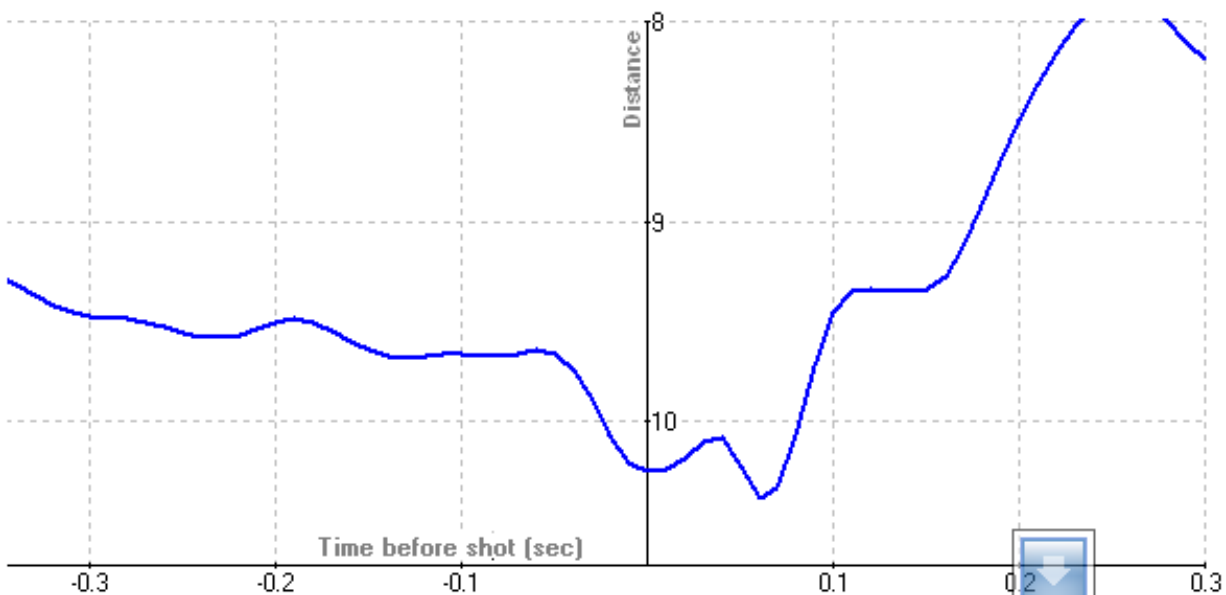


Рис. 4. Графік залежності відстані точки прицілювання (т. А на рис. 2) від центра мішені(т. С на *рис. 2*); 8, 9 і 10 – номери кіл мішені (діаметр кола 10-10 складає 11,5 мм; 9-9 – 27,5 мм і 8-8 – 43,5 мм [5]).

Координати точки прицілювання, добуті зі scatt-файлу з використанням програми “samples.vbs” (Copyright 2002 ZAO Scatt [6]), подаються у текстовому форматі й мають протилежний до графіка горизонтального переміщення (див. *рис. 3*) додатний напрям осі координат: зліва направо, а також протилежний напрям до графіку вертикального переміщення – зверху вниз (*табл. 1*).

Таблиця 1

Координати точки прицілювання (т. *A* на *рис. 2*) відносно центру мішені в моменти часу до і після пострілу

<i>T, S</i>	<i>X, MM*</i>	<i>Y, MM*</i>	<i>T, S</i>	<i>X, MM*</i>	<i>Y, MM*</i>
- 1,00	- 0,71	4,98	- 0,30	7,98	5,96
- 0,90	6,37	13,40	- 0,20	3,08	9,23
- 0,80	4,10	14,67	- 0,10	5,07	6,78
- 0,70	9,23	17,89	<b>0,00**</b>	<b>3,14</b>	<b>2,06</b>
- 0,60	6,75	3,52	0,10	5,61	8,40
- 0,50	6,46	7,19	0,20	13,12	12,02
- 0,40	9,63	6,83	0,30	19,42	5,61

*Примітки:* \*X – горизонтальна координата (додатний напрямок – вправо); Y – вертикальна координата (додатний напрямок – вниз); \*\* момент спуску курка.

А ось в Excel-файлі підсумкових характеристик пострілу, утвореному зі scatt-файлу з використанням програми “scattexp.vbs” (Copyright 2001 ZAO Scatt [5]), координати віртуальних пробоїн подаються зі звичними додатними напрямками осей (горизонтального переміщення – вправо, і вертикального переміщення – вверху) з поправкою на вплив латеральної швидкості стволу, яка задається відповідним значенням коефіцієнта латеральної складової руху кульки (*табл. 2*).

Таблиця 2

Підсумкові характеристики імітації пострілу

Shot number	Номер пострілу	107
The moment of shot	Час пострілу	04.11.08 19:27
Shot result	Результат пострілу	10,5
Aiming time	Час прицілювання	0:00:06,5

Breach coordinate X (mm)	Координати пробоїни*	продовж. табл. 2
Breach coordinate Y (mm)		3,48
Average aiming point X (mm)	Середня точка прицілювання	-0,24
Average aiming point Y (mm)		5,99
Steadiness in 10.0 (%)	Стійкість	-9,06
Steadiness in 10a0 (%)		18
Trace length (mm)	Довжина траєкторії	84
Distance between breach and AAR	Відстань між пробоюною та середньою точкою прицілювання**	88,3
		9,2

*Примітки:* \*При значенні коефіцієнта латеральної складової руху кульки 15; \*\* (мм).

Результати експериментальних пострілів згруповано в *табл. 3* за способом виконання, однак послідовність пострілів було визначено довільно, а саме: 1, 3, 10, 13, 22, 26, 29, 31, 33, 37, 44, 49, 51, 54, 56, 58, 60, 61, 65, 66, 68, 71, 73, 74, 79, 81, 82, 87, 88, 90 – кулькою; 2, 4, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 23, 32, 34, 36, 39, 41, 42, 45, 46, 52, 53, 55, 63, 69, 76, 80, 83, 85, 86, 89 – повітрям і 5, 6, 7, 8, 14, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 30, 35, 38, 40, 43, 47, 48, 50, 57, 59, 62, 64, 67, 70, 72, 75, 77, 78, 84 – вхолосту.

Щоб елімінувати систематичну похибку прицілювання, перерахуємо координати віртуальних пробоїн, переносячи плоско паралельно початок системи координат мішені СКАТТ у центр ваги цих 90 пробоїн. Координати віртуальних пробоїн у новій системі координат представлено у *додатку 1*, а обчислювалися вони за формулами:

$$x_{Sc} = x_S - \bar{x}_S; y_{Sc} = y_S - \bar{y}_S; r_{Sc} = \sqrt{x_{Sc}^2 + y_{Sc}^2}.$$

$$\text{де } \bar{x}_S = \frac{\sum_{i=1}^{90} x_S}{90} = 5,92, \text{ мм};$$

$$\bar{y}_S = \frac{\sum_{i=1}^{90} y_S}{90} = -0,96 \text{ – середні арифметичні координат віртуальних пробоїн на}$$

мішені СКАТТ, мм.

Оскільки для застосування параметричних методів математичної статистики для аналізу результатів стрільби необхідно переконатися у нормальному характері розподілу в генеральних сукупностях, з яких походять три досліджувані вибірки, ми провели відповідну перевірку методом Шапіра-Уїлка. За нульовою статистичною гіпотезою припускалося існування нормального закону розподілу. Значення критерію Шапіра-Уїлка виявилися в межах від 0,946 до 0,989 за рівнів істотності від 0,137 до 0,983 (табл. 4). Це дозволило прийняти нульову гіпотезу про нормальний закон розподілу параметрів у всіх дев'яти сукупностях.

Таблиця 3

Координати віртуальної пробоїни та її відстань до центра мішені при трьох видах пострілу, мм

КУЛЬКОЮ*			ХОЛОСТИЙ			ПОВІТРЯМ		
$x_s$	$y_s$	$r_s$	$x_s$	$y_s$	$r_s$	$x_s$	$y_s$	$r_s$
0,24	3,48	3,49	5,91	-8,52	10,37	10,22	0,98	10,27
9,26	15,20	24,54	1,34	-0,63	1,48	-0,03	-0,09	0,09
15,92	-1,70	16,01	11,82	-4,40	12,61	15,60	-4,17	16,15
6,30	5,58	8,42	10,74	8,73	13,84	5,14	-11,34	12,45
6,34	-0,94	6,41	10,72	2,59	11,03	12,56	2,13	12,74
14,53	-5,88	15,67	6,97	11,54	13,48	6,90	-6,94	9,79
-0,86	-2,14	2,31	1,76	-6,61	6,84	5,79	-1,87	6,08
11,25	3,79	11,87	11,86	4,41	12,66	8,89	-0,98	8,95
-4,41	2,89	5,27	5,84	3,71	6,92	7,68	0,55	7,70
3,76	1,37	4,00	7,78	-1,07	7,86	3,32	4,13	5,30
5,62	3,67	6,71	8,82	-0,95	8,87	3,67	4,07	5,48
6,54	-1,28	6,66	8,64	6,38	10,75	2,97	12,12	12,48
11,74	17,75	21,28	3,03	-7,36	7,96	3,71	-0,43	3,74
-3,85	1,20	4,03	-2,65	1,25	2,93	1,46	-7,83	7,97
-2,46	-0,23	2,47	4,37	5,76	7,23	2,94	1,98	3,55
3,62	1,66	3,98	6,41	3,04	7,09	-0,38	1,15	1,21
10,27	-7,14	12,51	3,20	-5,37	6,25	9,97	8,12	12,86
-2,22	11,49	11,70	2,00	-4,64	5,06	2,67	-8,14	8,57
1,55	3,40	3,74	11,93	3,12	12,34	7,87	-5,30	9,49
13,94	5,68	15,05	8,64	-1,06	8,70	1,32	-5,84	5,99
11,66	-0,44	11,67	10,84	-1,19	10,90	7,33	-10,99	13,21
15,73	8,51	17,89	4,49	-0,90	4,58	-0,65	-0,99	1,18

продовж. табл. 3

15,59	-7,66	17,37	13,28	0,62	13,29	4,10	0,37	4,12
8,24	-5,04	9,66	4,98	-5,00	7,06	5,55	-3,18	6,40
-0,67	2,63	2,72	9,97	-5,51	11,39	-3,99	-8,07	9,00
11,93	-3,18	12,35	2,17	-4,94	5,40	4,78	-9,06	10,24
10,44	12,27	16,12	1,88	-2,30	2,97	7,12	-23,16	24,23
0,73	-9,15	9,18	-3,05	-9,77	10,23	-1,91	-9,38	9,57
9,38	-8,62	12,73	-0,35	0,36	0,50	3,45	-15,70	16,08
1,66	-6,95	7,15	13,62	-1,03	13,66	6,38	-8,97	11,01

*Примітки:* В таблиці наведено координати віртуальних пробоїн на мішені СКАТТ, а не координати пробоїн кульок.

Щоб оцінити вплив способу тренування на результат, було проведено однофакторний дисперсійний аналіз координат та відстаней від центра мішені віртуальних пробоїн СКАТТ. Фактором дисперсійного аналізу було визначено спосіб виконання пострілу. Сформульовано три нульові статистичні гіпотези про рівність середніх арифметичних значень координат та відстаней віртуальних пробоїн від центра мішені.

Таблиця 4

Результати статистичного опрацювання координат віртуальних пробоїн та їхньої відстані до центра мішені

ПАРАМЕТРИ ПОСТРІЛУ	$M^*$ , ММ	$M$ , ММ	$SW-W$	$P$
КУЛЬКОЮ, $X_{SC}$	0,80	1,23	0,960	0,303
КУЛЬКОЮ, $Y_{SC}$	2,30	1,26	0,957	0,257
КУЛЬКОЮ, $R_{SC}$	8,61	0,86	0,946	0,137
ХОЛОСТИЙ, $X_{SC}$	0,31	0,85	0,963	0,370
ХОЛОСТИЙ, $Y_{SC}$	0,30	0,93	0,978	0,771
ХОЛОСТИЙ, $R_{SC}$	6,28	0,49	0,956	0,237
ПОВІТРЯМ, $X_{SC}$	- 1,11	0,78	0,989	0,983
ПОВІТРЯМ, $Y_{SC}$	- 2,60	1,31	0,974	0,664
ПОВІТРЯМ, $R_{SC}$	7,48	0,82	0,957	0,261

*Примітки:* \* $M$  – середнє арифметичне;  $m$  – стандартна похибка середнього арифметичного;  $SW-W$  – критерій Шапіра-Уїлка;  $p$  – рівень істотності.

За результатами дисперсійного аналізу (табл. 5) виявлено статистично суттєву різницю у вертикальній координаті віртуальних пробоїн ( $p = 0,016$ ).

Внесок фактору способу тренування в загальну варіацію значень цієї координати склав 9,1 %. Внесок досліджуваного фактору у варіацію горизонтальної координати й відстаней від центра мішені віртуальних пробоїн статистично не є суттєвим й складає відповідно 2,3 % й 5,3 % за рівнів істотності відповідно 0,357 і 0,091 (додаток 2).

Таблиця 5

Результати дисперсійного аналізу стосовно положення віртуальних пробоїн при різних способах тренування зі СКАТТ ( $n = 30$ ;  $\nu = 2$ )

ПАРАМЕТРИ	$F^*$	$P$	$Q, \%$
$X_{SC}$ – ГОРИЗОНТ.	1,041	0,357	2,3
$Y_{SC}$ – ВЕРТИК.	4,362	<b>0,016</b>	9,1
$R_{SC}$ – ВІДСТАНЬ	2,457	0,091	5,3

*Примітки:*  $*F_{n=30; \nu=2} = 3,101$  – критичне значення  $F$ -критерію Снедекора;  $Q$  – внесок фактору способу тренування в загальну варіацію результатів.

Відносно найменшу різницю зафіксовано між відстанями центрів пробоїн від центра мішені. Спортивний результат у стрільбі визначається тільки відстанню пробоїни від центра мішені, враховуючи, що кутова координата („година” пробоїни) не впливає на спортивний результат [4]. Щоб однозначно визначити положення пробоїни необхідно мати дві координати: у полярній системі координат – це відстань від полюса (початку координат) і кута положення радіус-вектора, а в прямокутній системі координат – це дві проекції центра пробоїни на осі координат (рис. 5). Зокрема, кілька різних пробоїн можуть мати однакові відстані від центра мішені ( $r_1 = r_2 = r_3 = r_4$ ), але різні координати ( $x_1 \neq x_2 \neq x_3 \neq x_4$  і  $y_1 \neq y_2 \neq y_3 \neq y_4$ ). Тому гіпотези стосовно координат точок більш інформативні, ніж гіпотеза стосовно відстані точок від початку координат.

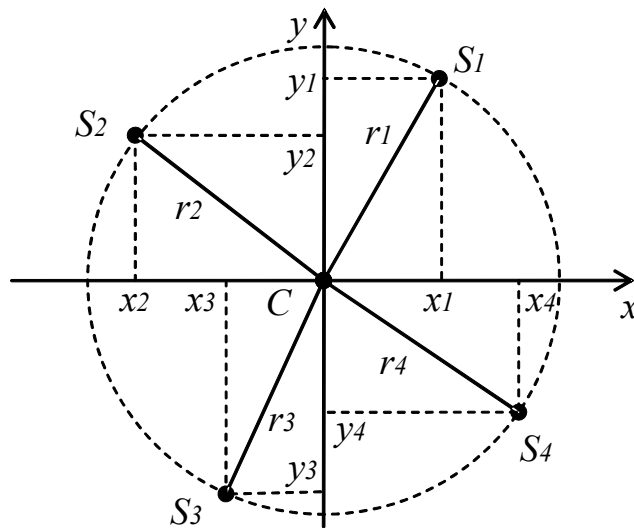


Рис. 5. Ілюстративна схема мішені для кількох різних пробоїн при однаковій відстані від центра.

Розглянемо різниці між середніми арифметичними й дисперсіями попарно між різними способами тренування по горизонтальній та вертикальній координатах віртуальних пробоїн. Порівняння середніх арифметичних проведено з використанням  $t$ -критерію Стьюдента, а дисперсій –  $F$ -критерію Снедекора. Стосовно середніх арифметичних нульова гіпотеза може бути відхилена для вертикальної координати при пострілах кульками й повітрям на рівні істотності меншому, ніж 0,01 (табл. 6). Для решти п'яти пар середніх арифметичних статистично істотних різниць не виявлено.

Таблиця 6

Рівень істотності, на якому може бути відхилена нульова гіпотеза стосовно однакових середніх арифметичних параметрів положення віртуальних пробоїн

<b><math>T</math>-СТЬЮДЕНТА</b>	<b>КУЛЬКОЮ</b>	<b>ХОЛОСТИЙ</b>	<b>ПОВІТРЯМ</b>
<b>КУЛЬКОЮ</b>	$x_{sc} \setminus y_{sc}^*$	0,208	<b>0,009</b>
<b>ХОЛОСТИЙ</b>	0,742	$x_{sc} \setminus y_{sc}$	0,077
<b>ПОВІТРЯМ</b>	0,195	0,225	$x_{sc} \setminus y_{sc}$

*Примітки:* \* Справа вгорі від діагональних комірок таблиці наведено значення рівня істотності для вертикальної координати ( $y_{sc}$ ), а зліва внизу – для горизонтальної ( $x_{sc}$ ).

Таким чином, виявлено статистично суттєву різницю ( $p < 0,01$ ) середнього значення вертикальної координати пострілу з кулькою ( $2,30 \pm 1,26$  мм) відносно імітації пострілу повітрям ( $-2,60 \pm 1,31$  мм).

Таблиця 7

Рівень істотності, на якому може бути відхилена нульова гіпотеза стосовно однакового розсіяння віртуальних пробоїн

<b>F-СНЕДЕКОРА</b>	<b>КУЛЬКОЮ</b>	<b>ХОЛОСТИЙ</b>	<b>ПОВІТРЯМ</b>
<b>КУЛЬКОЮ</b>	$x_{sc} \setminus y_{sc}$ *	0,057	0,415
<b>ХОЛОСТИЙ</b>	0,027	$x_{sc} \setminus y_{sc}$	<b>0,036</b>
<b>ПОВІТРЯМ</b>	<b>0,009</b>	0,326	$x_{sc} \setminus y_{sc}$

*Примітки:* \* Справа в горі від діагональних комірок таблиці наведено значення рівня істотності для вертикальної координати ( $y_{sc}$ ), а зліва внизу – для горизонтальної ( $x_{sc}$ ).

Стосовно розсіяння горизонтальних координат віртуальних пробоїн пострілів кулькою (відповідна дисперсія склала  $45,2$  мм<sup>2</sup>) і повітрям ( $18,3$  мм<sup>2</sup>) нульову гіпотезу було відкинуто на рівні істотності меншому ніж  $0,01$ , а в порівнянні з холостим пострілом ( $21,7$  мм<sup>2</sup>) – на рівні істотності меншому ніж  $0,03$  (табл. 7). Звертаємо на увагу статистично суттєву різницю ( $p < 0,04$ ) розсіяння по вертикалі результатів пострілів повітрям ( $51,6$  мм<sup>2</sup>) у порівнянні з холостими пострілами ( $26,2$  мм<sup>2</sup>).

Статистично суттєва різниця ( $p > 0,3$ ) зафіксована між відстанями центрів пробоїн від початку координат: кулькою ( $8,61 \pm 0,86$  мм) і повітрям ( $7,48 \pm 0,82$  мм), а також – повітрям і вхолосту ( $6,28 \pm 0,49$  мм) за рівня істотності більшого, ніж  $0,2$  (табл. 8). Розсіяння цих відстаней було більш суттєвим: зафіксовано статистично вагому різницю між величиною дисперсії у пострілах кулькою ( $35,9$  мм<sup>2</sup>) і вхолосту ( $14,2$  мм<sup>2</sup>), а також – повітрям ( $20,3$  мм<sup>2</sup>) і вхолосту на рівні істотності меншому, ніж  $0,01$ . Різниця розсіяння пострілів кулькою й повітрям статистично несуттєва ( $p > 0,4$ ).

Таблиця 8

Рівень істотності, на якому може бути відхилена нульова гіпотеза стосовно однакового розсіяння віртуальних пробоїн за відстанню від центра мішені,  $r$

$T \setminus F^*$	КУЛЬКОЮ	ХОЛОСТИЙ	ПОВІТРЯМ
КУЛЬКОЮ	$r_{Sc}$	<b>0,002</b>	0,406
ХОЛОСТИЙ	<b>0,023</b>	$r_{Sc}$	<b>0,004</b>
ПОВІТРЯМ	0,347	0,216	$r_{Sc}$

*Примітки:* Справа в горі від діагональних комірок таблиці наведено значення рівня істотності, на якому може бути відхилена нульова гіпотеза за  $F$ -критерієм Снедекора, а зліва внизу – за  $t$ -критерієм Стьюдента.

Комп'ютерною програмою СКАТТ передбачена опція зміни моменту пострілу (Shot moment). Зазначається, що це дає можливість прогнозувати результат у випадку, якщо б постріл відбувся раніше чи пізніше фактичного моменту спуску курка [5]. Це твердження видається нам сумнівним. Розглянемо траєкторію точки прицілювання (див. *рис. 2*). Момент спуску курка відзначається не тільки зміною кольору лінії траєкторії з синьої на червону, але й принциповою зміною характеру траєкторії. Під час спуску курка порушується баланс статичної рівноваги м'язів антагоністів кисті, який забезпечує стабільність зброї під час прицілювання. Окрім того, перед спуском курка відбувається активація м'язів внаслідок реакції антиципації пострілу. Прогноз щодо зміни координати пробоїни внаслідок ранішого чи пізнішого спуску курка виконується на підставі координат точки прицілювання при нульовому значенні моменту пострілу. При формальній зміні координат точки прицілювання в момент спуску курка не враховуються принципові зміни в русі зброї. Тому прогноз зміни результату при можливій зміні моменту пострілу видається нам некоректним.

*Обговорення результатів дослідження.* Формування досконалої техніки виконання рухової дії передбачає утворення ефективної координаційної структури рухів, яка забезпечує раціональне використання кінетичної енергії, накопиченої у попередніх фазах рухової дії та оптимальну концентрацію у часі м'язових зусиль протягом її виконання. Але такого рівня технічної майстерності можна досягнути лише за умови створення у спортсмена інтегрального образу цілісного рухового акту, який можливо сформувати

завдяки вдосконаленню всіх його структурних компонентів враховуючи специфічні умови виконання цього рухового акту [1].

Твердження [6], згідно з яким у підготовчому періоді висококласним спортсменам необхідно приділяти 70-80% загального обсягу тренувальних навантажень для виконання спеціально-підготовчих вправ (імітаційне тренування) із застосуванням оптоелектронної мішені, а у змагальному – 30-50% цього часу, не зовсім коректне. Адже, лише у загально-підготовчому етапі підготовчого періоду частка змагальних вправ у загальному обсязі виконуваної роботи є низькою (10-20%). А вже починаючи з середини спеціально-підготовчого етапу й до його завершення, обсяг змагальних вправ значно зростає, й у змагальному періоді їх майже повністю замінюють усі інші види вправ спортивного тренування.

В результаті статистичної обробки отриманих у дослідженні даних виявлено суттєву різницю розсіяння віртуальних пробоїн на мішені СКАТТ по вертикалі, отримані різними способами тренування з тренажером СКАТТ (див. *табл. 8*): кулькою та вхолосту ( $p < 0,002$ ), а також повітрям і вхолосту ( $p < 0,004$ ). Така різниця, на нашу думку, спричинена протидією м'язів на імпульс сили віддачі зброї під час пострілу. Отже, неспецифічність тренування з оптоелектронною мішенню зумовлена відсутністю ефекту віддачі зброї, яка є характерною при способі тренування пострілами з кулькою і повітрям.

Постріли, що виконуються з використанням оптоелектронної мішені, належать до імітаційних. Вони мають таку ж загальну структуру виконання, що й реальні постріли, але при відсутності віддачі. Такі умови полегшують засвоєння загальної структури рухових дій стрільця і можуть широко застосовуватись на початкових стадіях формування спортивної техніки. При натисканні на спусковий курок у новачка спрацьовують не тільки м'язи згиначі вказівного пальця, але й м'язи антагоністи, що стає причиною різкого зміщення зброї з району прицілювання в момент пострілу. Причиною цього явища може бути переважання процесів збудження над процесами гальмування та їхнє розповсюдження на значні ділянки кори великих півкуль головного мозку. На

подальших стадіях формування рухової дії, коли реакція антиципації починає проявлятися у формі своєчасного, ізольованого й точного руху вказівного пальця, доцільним було б значне збільшення частки тренування з пострілами кулькою. Метою цього, в першу чергу, є забезпечення формування ефективної сили протидії м'язів імпульсу сили віддачі зброї, що є необхідною умовою для досягнення високого рівня технічної майстерності стрільця. Якщо ж тренування з кулькою не буде широко застосовуватись на цих етапах це, на нашу думку, може призвести до формування нераціональної техніки стрільби, що буде проявлятися у нестабільності сили протидії м'язів імпульсу віддачі зброї.

Таким чином, можна вважати доцільним застосування стрільби різними способами з використанням оптоелектронної системи СКАТТ на стадіях формування первинного вміння та формування вміння досконалого виконання рухової дії для кількісної оцінки величини відхилень від середніх значень координат точок траєкторії прицілювання. Зокрема, відповідна величина відхилень по вертикалі може бути одним з показників стабільності сили протидії м'язів імпульсу віддачі зброї.

### *Висновки*

1. Виявлено протилежний додатний напрямок осі горизонтальної координати на графіку точки прицілювання (згори вниз) відносно відповідних числових координат у текстовому файлі, а також зображенню віртуальної мішені СКАТТ на екрані комп'ютера. Поряд з тим, зафіксовано протилежний додатний напрямок вертикальної координати у текстовому файлі (згори вниз).

2. Створений на основі офісних комп'ютерних технологій (Excel, Paint) метод оцифрування координат точок на графіках траєкторії (Trace) і віддалення від осей (Distance) інтерфейсу СКАТТ показав свою простоту й точність (похибка оцифрування координат знаходиться в межах 0,1 мм) для кількісної оцінки неспецифічності оптоелектронного способу тренування в стрільбі з пневматичного пістолета.

3. За результатами однофакторного дисперсійного аналізу виявлено статистично суттєву різницю у вертикальних координатах віртуальних пробієн

при тренуванні з оптоелектронною системою й стрільбою кульками ( $p = 0,016$ ). Внесок фактора способу тренування в загальну варіацію значень цієї координати склав 9,1 %. Внесок досліджуваного фактора до варіації горизонтальної координати й відстаней від центра мішені віртуальних пробоїн є порівняно несуттєвим й складає відповідно 2,3 й 1,9 % за рівнів істотності 0,356 і 0,430. Зафіксовано статистично суттєву різницю середнього значення вертикальної координати пострілу з кулькою ( $M \pm m = 2,30 \pm 1,26$  мм) відносно імітації пострілу повітрям ( $-2,60 \pm 1,31$  мм).

4. В результаті статистичного аналізу розсіяння горизонтальних координат віртуальних пробоїн пострілів кулькою (відповідна дисперсія склала  $45,2$  мм<sup>2</sup>) і повітрям ( $18,3$  мм<sup>2</sup>) нульову статистичну гіпотезу стосовно рівних дисперсій було відкинуто на рівні істотності меншому ніж 0,01, а в порівнянні з холостим пострілом ( $21,7$  мм<sup>2</sup>) – на рівні істотності меншому ніж 0,03. Звертає на себе увагу статистично істотна різниця ( $p < 0,04$ ) розсіяння по вертикалі результатів пострілів повітрям ( $51,6$  мм<sup>2</sup>) у порівнянні з холостими пострілами ( $26,2$  мм<sup>2</sup>).

5. Найменша різниця (на рівні істотності більшому ніж 0,3) зафіксована між відстанями центрів пробоїн від початку координат: кулькою ( $8,61 \pm 0,86$  мм) і повітрям ( $7,48 \pm 0,82$  мм), а також – повітрям і вхолосту ( $6,28 \pm 0,49$  мм) за рівня істотності більшому ніж 0,2. Розсіяння відстаней центрів пробоїн від початку координат є статистично суттєвим при порівнянні пострілів кулькою ( $35,9$  мм<sup>2</sup>) і вхолосту ( $14,2$  мм<sup>2</sup>), а також – повітрям ( $20,3$  мм<sup>2</sup>) і вхолосту ( $p < 0,01$ ). Різниця розсіяння пострілів кулькою й повітрям статистично є несуттєвою ( $p > 0,4$ ).

6. Передбачений в системі СКАТТ прогноз зміни результату при можливій зміні моменту пострілу видається нам некоректним, оскільки він не враховує принципові зміни в русі зброї внаслідок спуску курка.

7. Можна вважати доцільним застосування стрільби різними способами з використанням оптоелектронної системи СКАТТ на стадіях формування первинного вміння та формування вміння досконалого виконання рухової дії

для кількісної оцінки величини відхилень від середніх значень координат точок траєкторії прицілювання. Зокрема, відповідна величина відхилень по вертикалі може бути одним з показників стабільності сили протидії м'язів імпульсу віддачі зброї.

8. Спортсменам високої кваліфікації при розподілі спеціально-підготовчих вправ на оптоелектронній мішені СКАТТ у загальному обсязі виконуваної роботи необхідно враховувати їхню неспецифічність стосовно змагальних вправ у стрільбі з пневматичного пістолета. Тому частка цих вправ у загальному обсязі виконуваної роботи має змінюватись відповідно до тих завдань, які виконуються в конкретному тренувальному періоді макроциклу підготовки стрільця.

*Перспективами подальших досліджень є визначення величини розсіяння відстаней центрів пробоїн від початку координат при тренуванні з пневматичного пістолета різними способами на оптоелектронній мішені у стрільців різної спортивної кваліфікації. Це дозволить оцінити закономірності формування стабільності сили протидії м'язів імпульсу віддачі зброї на різних стадіях становлення спортивної техніки. У подальшому планується використовувати розроблений метод оцифрування положення точок на графіках траєкторії прицілювання для кількісної оцінки амплітуди коливань системи «стрілець-зброя» у процесі прицілювання при стрільбі з пневматичного пістолета для стрільців на різних стадіях формування рухового навичу, що є одним з основних показників рівня технічної підготовленості стрільця.*

В цій роботі проведено дослідження специфічності тренування з оптоелектронною мішенню СКАТТ при стандартному значенні коефіцієнта латеральної складової руху стволу зброї. Розробники системи СКАТТ рекомендують експериментальним шляхом підбирати значення цього коефіцієнта, яке відповідає дистанції стрільби та швидкості кулі. У подальшому необхідно дослідити яким чином зміна значення коефіцієнта латерального руху впливає на положення віртуальної пробоїни. Встановлення цієї кількісної

залежності стане основою для розробки методу розрахунку оптимального значення коефіцієнта латеральної складової руху ствола, яке “відповідає дистанції стрільби та швидкості кулі”.

*Подяка.* Автори висловлюють щире подяку представникові компанії ЗАО NPP SCATT п. Олександру Куделіну за фахові консультації стосовно функцій тренувальної системи СКАТТ.

### Література

1. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
  2. Ball K. A. Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra- individual analysis / K. A. Ball, R. J. Best, T. V. Wright // Journal of sports sciences. –2003. – Vol. 21 (7). – P.559-566.
  3. Edelman-Nusser J., Heller M., Hofmann M., Ganter N. On-target trajectories and the final pull in archery // European Journal of Sport Science. – 2006. – Vol. 6 (4). – P. 213-222.
  4. Mononen K. Optoelectronic measures in the analysis of running target shooting. / K. Mononen, J. T. Viitasalo, P. Era, N. Kontinen // Scandinavian Journal of Medicine and Science of Sports. – 2003. – 13(3). – P. 200-207.
  5. Official Statutes Rules and Regulations. International Shooting Sport Federation. München, Germany, 2009 – 436 p.
  6. Professional training systems SCATT. Moscow: ЗАО NPP SCATT, 2007. [Електронний ресурс]. – <http://www.scatt.com>.
  7. Technical shooting analysis [Електронний ресурс]. – <http://www.noptel.fi/eng/sport/>.
- [Опубліковано 3 червня 2009 р.](#)

### Додатки

#### Додаток 1

Координати віртуальної пробоїни та її відстань до початку системи координат, який розміщено у центрі ваги віртуальних пробоїн, мм

КУЛЬКОЮ*			ХОЛОСТИЙ			ПОВІТРЯМ		
$x_{Sc}$	$y_{Sc}$	$r_{Sc}$	$x_{Sc}$	$y_{Sc}$	$r_{Sc}$	$x_{Sc}$	$y_{Sc}$	$r_{Sc}$
-5,68	4,44	7,21	-0,01	-7,56	7,56	4,30	1,94	4,72
13,34	16,16	20,95	-4,58	0,33	4,60	-5,96	0,87	6,02
9,99	-0,74	10,02	5,90	-3,44	6,83	9,68	-3,21	10,20
0,38	6,54	6,55	4,81	9,69	10,82	-0,79	-10,39	10,41

0,42	0,02	0,42	4,79	3,55	5,96	6,64	3,08	7,32
8,60	-4,92	9,91	1,05	12,50	12,55	0,98	-5,99	6,06
-6,78	-1,19	6,88	-4,17	-5,65	7,02	-0,14	-0,92	0,93
5,33	4,75	7,13	5,94	5,37	8,01	2,97	-0,03	2,97
-10,33	3,85	11,03	-0,08	4,67	4,67	1,76	1,51	2,32
-2,17	2,33	3,18	1,86	-0,11	1,86	-2,61	5,09	5,72
-0,31	4,63	4,64	2,90	0,01	2,90	-2,25	5,02	5,51
0,61	-0,33	0,69	2,72	7,34	7,83	-2,96	13,08	13,41
5,82	18,71	19,59	-2,90	-6,40	7,02	-2,21	0,53	2,27
-9,77	2,15	10,00	-8,57	2,20	8,85	-4,47	-6,87	8,20
-8,38	0,73	8,41	-1,56	6,72	6,90	-2,99	2,94	4,19
-2,31	2,62	3,49	0,49	4,00	4,03	-6,30	2,11	6,64
4,35	-6,18	7,56	-2,73	-4,41	5,18	4,05	9,08	9,94
-8,14	12,45	14,88	-3,93	-3,69	5,39	-3,25	-7,18	7,88
-4,37	4,36	6,17	6,01	4,08	7,26	1,95	-4,34	4,76
8,02	6,64	10,41	2,71	-0,10	2,71	-4,61	-4,89	6,71
5,74	0,52	5,76	4,91	-0,23	4,92	1,40	-10,03	10,13
9,81	9,47	13,64	-1,43	0,06	1,44	-6,58	-0,03	6,58
9,67	-6,71	11,77	7,36	1,58	7,52	-1,82	1,33	2,26
2,31	-4,08	4,69	-0,95	-4,04	4,15	-0,38	-2,23	2,26
-6,59	3,59	7,51	4,04	-4,55	6,09	-9,92	-7,11	12,20
6,01	-2,22	6,41	-3,75	-3,98	5,47	-1,14	-8,10	8,18
4,52	13,23	13,99	-4,04	-1,34	4,26	1,19	-22,20	22,23
-5,19	-8,19	9,70	-8,97	-8,81	12,57	-7,83	-8,42	11,50
3,45	-7,66	8,40	-6,27	1,32	6,41	-2,48	-14,74	14,95
-4,26	-5,99	7,35	7,70	-0,07	7,70	0,46	-8,02	8,03

*Примітки:* \* В таблиці наведено координати віртуальних пробоїн на мішені СКАТТ, а не координати пробоїн кульок.

## Додаток 2

Підсумкові результати дисперсійного аналізу параметрів положення віртуальних пробоїн на мішені СКАТТ. Обчислення проведені з використанням програми “Одно факторний дисперсійний аналіз” статистичного пакету Ексел:

Таблиця Д 2.1

Горизонтальна координата ( $x_{sc}$ )

ДЖЕРЕЛО ВАРІАЦІЇ	<i>SS</i>	<i>DF</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i> - ЗНАЧЕ ННЯ	<i>F</i> - КРИТИЧНЕ
МІЖ ГРУПАМИ	59,12757	2	29,56378	1,040683	0,357568	3,101296

<b>ВСЕРЕДИНІ ГРУП</b>	2471,501	87	28,40806			
<b>ЗАГАЛОМ</b>	2530,629	89				

*Примітки:* Групи – це три вибірки, утворені за видом пострілу: кульками, в холосту й повітрям; *SS* – сума квадратів відхилень; *df* – число ступенів свободи; *MS* – дисперсія.

Таблиця Д 2.2

Вертикальна координата ( $y_{sc}$ )

<b>ДЖЕРЕЛО ВАРІАЦІЇ</b>	<b><i>SS</i></b>	<b><i>DF</i></b>	<b><i>MS</i></b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>P</i>- ЗНАЧЕ ННЯ</b>	<b><i>F</i>- КРИТИ ЧНЕ</b>
<b>МІЖ ГРУПАМИ</b>	364,5162	2	182,2581	4,361789	0,015659	3,101296
<b>ВСЕРЕДИНІ ГРУП</b>	3635,31	87	41,78517			
<b>ЗАГАЛОМ</b>	3999,826	89				

Таблиця Д 2.3

Відстані пробоїн від початку координат ( $r_{sc}$ )

<b>ДЖЕРЕЛО ВАРІАЦІЇ</b>	<b><i>SS</i></b>	<b><i>DF</i></b>	<b><i>MS</i></b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>P</i>- ЗНАЧЕ ННЯ</b>	<b><i>F</i>- КРИТИ ЧНЕ</b>
<b>МІЖ ГРУПАМИ</b>	81,4092 3	2	40,70462	2,456643	0,09165	3,101296
<b>ВСЕРЕДИНІ ГРУП</b>	1441,52 1	87	16,56921			
<b>ЗАГАЛОМ</b>	1522,93	89				