

УДК 623.44



О. І. Біленко



В. В. Марченко

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ІМІТАТОРА ЦІЛІ З БАЛІСТИЧНОГО ПЛАСТИЛІНУ НА РЕЗУЛЬТАТИ ДІЇ ЕЛЕМЕНТА, ЩО ВРАЖАЄ

У статті досліджено вплив температури імітатора цілі з балістичного пластиліну на результати балістичних випробувань та отримано емпіричні залежності об'єму остаточної порожнини в імітаторі цілі від його температури та кінетичної енергії елемента, що вражає. Зазначені залежності дозволяють приводити результати досліджень, отриманих для довільної температури імітатора цілі, до результатів, що відповідають нормальним умовам. Це виключає необхідність суворо дотримуватися нормальної температури імітатора цілі при проведенні експериментів та значно спрощує процес відповідних емпіричних досліджень.

К л ю ч о в і с л о в а : вогнепальна зброя, елемент, що вражає, енергетичні характеристики, термінальна балістика, імітатор цілі, кінетична зброя несмертельної дії.

Постановка проблеми. Одним з основних етапів проектування вогнепальної зброї є визначення дульної швидкості елемента, що вражає (ЕВ), яка забезпечить на заданій відстані необхідну дію по цілі. Вимоги до дульної швидкості формуються за допомогою методів зовнішньої балістики на основі даних про потрібні енергетичні характеристики ЕВ у момент зустрічі з ціллю. Для ЕВ заданих калібру, маси, форми та конструктивних характеристик енергетичні характеристики визначаються швидкістю зустрічі з ціллю V_C . Отже, правильне визначення V_C є необхідною умовою успішного проектування стрілецького комплексу.

Значення V_C залежить як від характеристик ЕВ (калібру, форми, характеристик міцності тощо), так і від механічних властивостей матеріалу (матеріалів) цілі, воно визначається в межах термінальної балістики. Методи термінальної балістики для вирішення задач, що пов'язані з бойовою зброєю, викладені у багатьох працях [1 – 7]. На сьогодні їх можна вважати достатньо розвинутими. Але для спеціальної стрілецької зброї сил безпеки, зокрема кінетичної зброї несмертельної дії (КЗНД), ситуація дещо інша. Проблема обумовлена необхідністю забезпечення додаткових вимог до ЕВ такої зброї, а саме – обмеженням максимальних значень енергетичних характеристик для виключення смертельних наслідків застосування зброї [8 – 13]. Енергетичними характеристиками ЕВ КЗНД є кінетична енергія E_k та питома кінетична енергія $E_{\text{пит}}$. На даний час прийнято вважати, що максимально допустимим значенням питомої кінетичної енергії для КЗНД є $0,5 \text{ Дж/мм}^2$ [14]. Проте обґрунтованість такого фіксованого значення викликає сумніви вже через те, що воно не враховує деяких суттєвих чинників (ступеня захищеності предметами одягу, специфіки механічних властивостей різних ділянок тіла цілі та ін.). Наприклад, залежно від характеристик одягу (кількість шарів, товщина, щільність, міцність матеріалів тощо) частина енергії ЕВ витратиться на їх переміщення у просторі та руйнування, що може суттєво вплинути на залишкову кінетичну енергію при досягненні цілі. Також може значно змінюватися площа контакту ЕВ з ціллю, що впливає на значення питомої кінетичної енергії.

Стосовно значень кінетичної енергії, яка достатня для придушення цілі та небезпечна з погляду на збереження життя, взагалі не має єдиного підходу. Наприклад, у спеціальній літературі та публікаціях зустрічаються достатньо різні значення максимально допустимої для КЗНД енергії – від 35 Дж [4] до 91 Дж [15]. Аналіз балістичних характеристик ЕВ існуючих зразків КЗНД на допустимих відстанях їх застосування свідчить про ще більший розкид енергетичних характеристик

[8, 18, 19]. Для багатьох комплексів КЗНД, які мають відносно малий діаметр ЕВ, властива ситуація, коли значення питомої кінетичної енергії не відповідають критерію $0,5 \text{ Дж/мм}^2$. Наприклад, питома енергія ЕВ на відстані одного метра від дульного зрізу складає: для револьвера «Корнет-С» з патроном «Терен-3РМ» – від $0,51 \text{ Дж/мм}^2$ до $0,59 \text{ Дж/мм}^2$; револьвера «Корнет-С» з патроном «Терен-3ФР» – від $0,62 \text{ Дж/мм}^2$ до $0,66 \text{ Дж/мм}^2$; пістолета «ППШ 3Т» з патроном «МАС 13×25Т» – від $0,59 \text{ Дж/мм}^2$ до $0,62 \text{ Дж/мм}^2$; револьвера «Safari 820G» з патроном «Форт-РР» – від $0,66 \text{ Дж/мм}^2$ до $0,71 \text{ Дж/мм}^2$; револьвера «Safari 820G» з патроном «МАС» зразка 2009 р. – від $0,87 \text{ Дж/мм}^2$ до $0,99 \text{ Дж/мм}^2$ [16, 17, 18, 20]. З наведеного зрозуміло, що вимоги до енергетичних характеристик ЕВ КЗНД потребують уточнення.

Внаслідок складності моделювання процесів термінальної балістики та необхідності застосування при цьому значної кількості припущень дослідження впливу енергетичних характеристик ЕВ на результати дії по цілі доцільно здійснювати феноменологічним методом. Для моделювання процесів, що супроводжують формування вогнепальних ушкоджень, впродовж багатьох років в експериментах використовували і продовжують використовувати різні види об'єктів: біологічні та небіологічні [21 – 39]. Найбільш адекватні результати досліджень забезпечують біологічні об'єкти, але для первинних експериментальних досліджень разом з ними широко використовують небіологічні (штучні) імітатори цілі, як-от пластилінові імітатори цілі (ПІЦ).

На даний час за низкою показників найбільш відповідають вимогам дослідження дії ЕВ по цілі балістичні пластиліни, зокрема пластилін марки «Beschussmasse» (виробник «Carl Weible KG», Німеччина) [20]. Але певною проблемою використання будь-якого імітатора цілі є залежність його механічних властивостей від температури. Її зниження призводить до підвищення міцності та зниження пластичності матеріалів і навпаки. У статті [20] наведено результати попередніх досліджень впливу температури пластиліну марки «Beschussmasse» на параметри остаточної порожнини (ОП) після дії ЕВ. В результаті досліджень встановлено, що об'єм та форма ОП залежать не тільки від температури імітатора цілі, а також і від кінетичної енергії ЕВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час питання дослідження впливу ЕВ по імітаторам цілі розглянуто у достатній кількості публікацій. Наприклад, у статті [40] описано процес створення емпіричної моделі пластичної деформації біологічних тканин, спричиненої дією експансивних та неекспансивних куль. Як імітатор цілі використано балістичний пластилін, температура якого коливалась в межах від $25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $30 \text{ }^\circ\text{C}$. При цьому температурний вплив на результати досліджень не враховано.

У статті [41] з дослідження впливу ЕВ декількох зразків травматичної зброї на ціль також використано імітатори цілі з балістичного пластиліну. В описаних експериментальних дослідженнях враховано низку чинників, як-от: масу ЕВ, його калібр, площу поперечного перетину, швидкість, дистанцію стрільби, кінетичну та ударну енергії, але температура імітатора цілі не контролювалась та не враховувалась.

У статті [42] розглянуто альтернативний критерій оцінки вражаючих властивостей куль травматичної (несмертельної) дії з використанням імітатора цілі з балістичного пластиліну. Зазначено, що температура навколишнього середовища на момент проведення натурних випробувань становила $18 \text{ }^\circ\text{C}$, але контроль температури імітатора цілі на початку та у процесі проведення досліджень не здійснювався.

У статті [43] на основі результатів експериментальних досліджень визначено параметри, необхідні для розрахунків глибини проникнення досліджуваних куль у тканини біологічного об'єкта залежно від їх швидкості на траєкторії польоту. Для визначення характеру вхідних та вихідних ушкоджень використано блок балістичного пластиліну. Проте, судячи з тексту статті, будь-яких заходів щодо контролю температури імітатора цілі не проводилось.

У статті [44] достатньо докладно описано методологію досліджень у рановій балістиці, зокрема порядок проведення досліджень на імітаторах цілі. Але про необхідність контролю температури імітатора цілі та враховування її впливу на результати досліджень не зазначається.

У цілому проведено аналіз більш ніж двадцяти праць, предметом яких є балістичні дослідження на імітаторах цілей, але інформації про вплив температури імітатора цілі на результати експериментів у зазначених працях не наведено.

Метою даної статті є отримання залежності об'єму остаточної порожнини в імітаторі цілі з балістичного пластиліну від температури імітатора цілі та кінетичної енергії елемента, що вражає, при стрільбі з кінетичної зброї несмертельної дії.

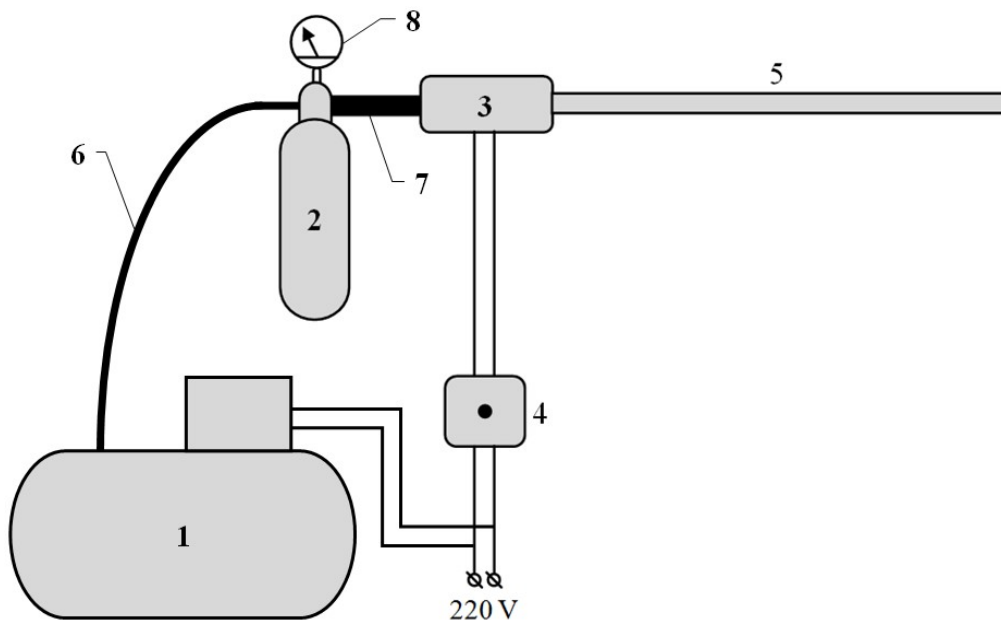
Виклад основного матеріалу. Основним критерієм вибору імітатора цілі для проведення балістичного експерименту має бути його максимальна подібність за сукупністю фізичних властивостей до організму живої людини [37, 44], тобто перевагу доцільно віддавати тваринам або трупам людей. Але у процесі розвитку термінальної балістики з'явилися підстави для відмови від широкого використання подібних об'єктів як через неоднорідність анатомічних структур організмів людини та тварин, що створює відповідні складнощі для аналізу результатів дослідів, так і внаслідок етичних розумінь.

Один із способів встановлення зв'язку між характеристиками ЕВ та результатами його дії по цілі полягає у дослідженні дії ЕВ з однаковими характеристиками по біологічній цілі та імітатору цілі з послідуєчим встановленням відповідності пошкоджень імітатора цілі пошкодженням біологічної цілі. Такий підхід дозволяє на першому етапі проводити великі за статистикою емпіричні дослідження з різноманітним варіюванням вхідних параметрів на імітаторах цілей та у подальшому переносити отримані результати на біологічні об'єкти. При цьому іноді необхідно проводити відповідну експериментальну перевірку на біологічних об'єктах, яка потребує відносно невеликої кількості повторень.

У такому випадку ключовою вимогою до імітаторів цілі є одноманітна реакція на вплив ЕВ з однаковим набором енергетичних та інших характеристик. Враховуючи залежність механічних властивостей синтетичних матеріалів від температури, а також можливість нелінійного впливу кінетичної енергії на об'єм ОП, доцільно дослідити одночасний вплив на об'єм ОП температури ПЩ та кінетичної енергії ЕВ.

Для проведення натурних експериментальних досліджень використано таке обладнання та матеріали: пневматична балістична установка; ПЩ з балістичного пластиліну марки «Beschussmasse» масою 6 кг; гумові ЕВ калібром 20 мм, масою 0,009 кг та твердістю 80 Sh A; цифровий електронний термометр Testo 720; оптиелектронні комплекси XR2000 Chronograf; шприци та вода.

Пневматична балістична установка (рисунок 1) використовувалась для надання ЕВ необхідної дульної швидкості. Регулювання швидкості забезпечувалось за рахунок створення відповідного тиску повітря у ресивері. За допомогою комплексів XR2000 Chronograf здійснювався контроль швидкостей ЕВ біля дульного зрізу ствола балістичної установки та на відстані 2 м від нього (у безпосередній близькості до ПЩ). Вимірювання швидкості ЕВ у двох точках дозволяє більш точно прогнозувати швидкість його зустрічі з ПЩ.



1 – компресор; 2 – ресивер установки; 3 – електромагнітний клапан; 4 – блок управління клапаном; 5 – ствол; 6 – з'єднувальна трубка; 7 – труба великого перетину; 8 – манометр

Рисунок 1 – Пневматична балістична установка

У результаті взаємодії ЕВ з ППЦ в останньому утворювалась остаточна порожнина (рисунок 2), об'єм якої і був функцією відгуку.

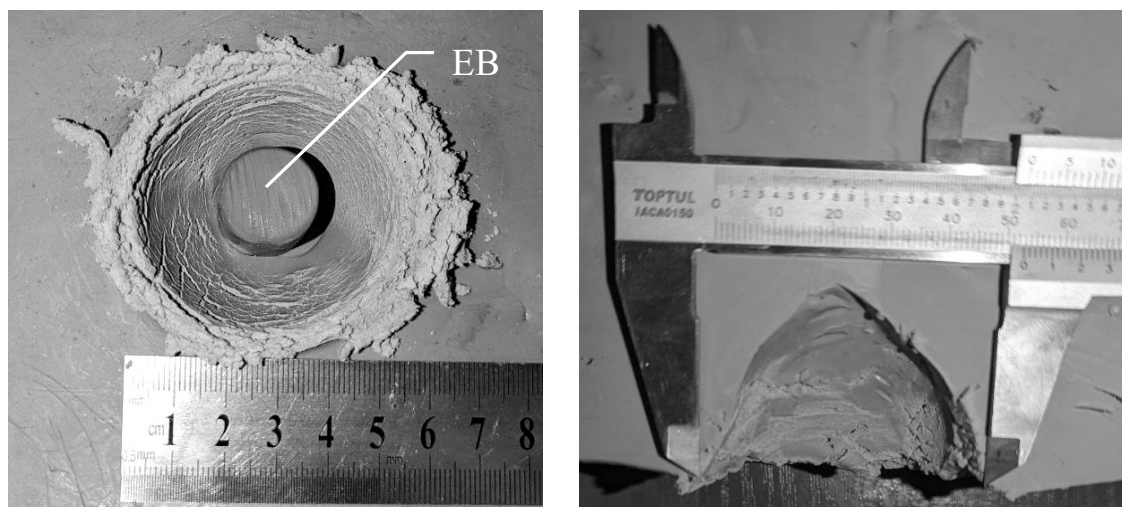


Рисунок 2 – Остаточна порожнина в імітаторі цілі з балістичного пластиліну марки «Beschussmasse»

Для контролю температури ППЦ використано Testo 720. Температура варіювалась у номінальному діапазоні від 5 °С до 25 °С з кроком 5 °С. Але під час формування блока ППЦ перед повторенням експерименту його температура внаслідок деформації дещо підвищувалась. Тому початкова температура блока була взята з деяким запасом у бік зниження, а кінцева температура мала більше значення, ніж номінальна. Внаслідок цього температура ППЦ мала деяке розсіювання навколо обраних значень (5 °С, 10 °С, 15 °С, 20 °С та 25 °С).

Кінетична енергія ЕВ змінювалась у діапазоні від 40 Дж до 200 Дж та набувала значення 40 Дж, 60 Дж, 80 Дж, 120 Дж та 200 Дж. Вибір діапазону варіювання даного параметра, по-перше, обумовлений тим, що кінетичну енергію ЕВ у межах від 65 Дж до 80 Дж прийнято вважати небезпечною та достатньою з погляду на її вплив на об'єкт застосування КЗНД [10], а по-друге, – характеристиками існуючих зразків КЗНД, які мають дульну кінетичну енергію до 130 Дж [45]. Розширення діапазону значень кінетичної енергії пов'язане з можливою необхідністю подальшого дослідження дії по цілі ЕВ, які суттєво деформуються та значно збільшують площу контакту з ціллю, внаслідок чого стають більш безпечними.

Спосіб встановлення швидкості ЕВ дозволяє отримувати достатньо стабільні її значення, через що кінетична енергія ЕВ мала відхилення від потрібних значень до 5 % для рівня 40 Дж та до 2 % для рівня 200 Дж. У випадках більш суттєвого відхилення кінетичної енергії від встановлених рівнів результати дії ЕВ по імітатору не зараховувались.

Після кожного пострілу замірювався обсяг ОП шляхом наповнення її рідиною зі шприца з ціною поділки 0,5 мл. Для кожного сполучення номінального значення температури ППЦ та кінетичної енергії ЕВ отримано по 20 результатів.

Експериментальні дані оброблено загальноприйнятими методами математичної статистики, в результаті чого отримано залежність об'єму ОП V_{OP} від температури ППЦ T та кінетичної енергії ЕВ E_k ЕВ (рисунки 3 та 4). На рисунку 4 маркерами позначено вихідні емпіричні дані, отримані під час проведення експериментів. Зазначені дані добре апроксимуються експоненціальними залежностями (1) – (5). Значення коефіцієнта детермінації для отриманих залежностей знаходяться в межах від 0,98 до 0,99, що свідчить про достатньо тісний зв'язок між вихідними статистичними даними та їх апроксимуючими функціями.

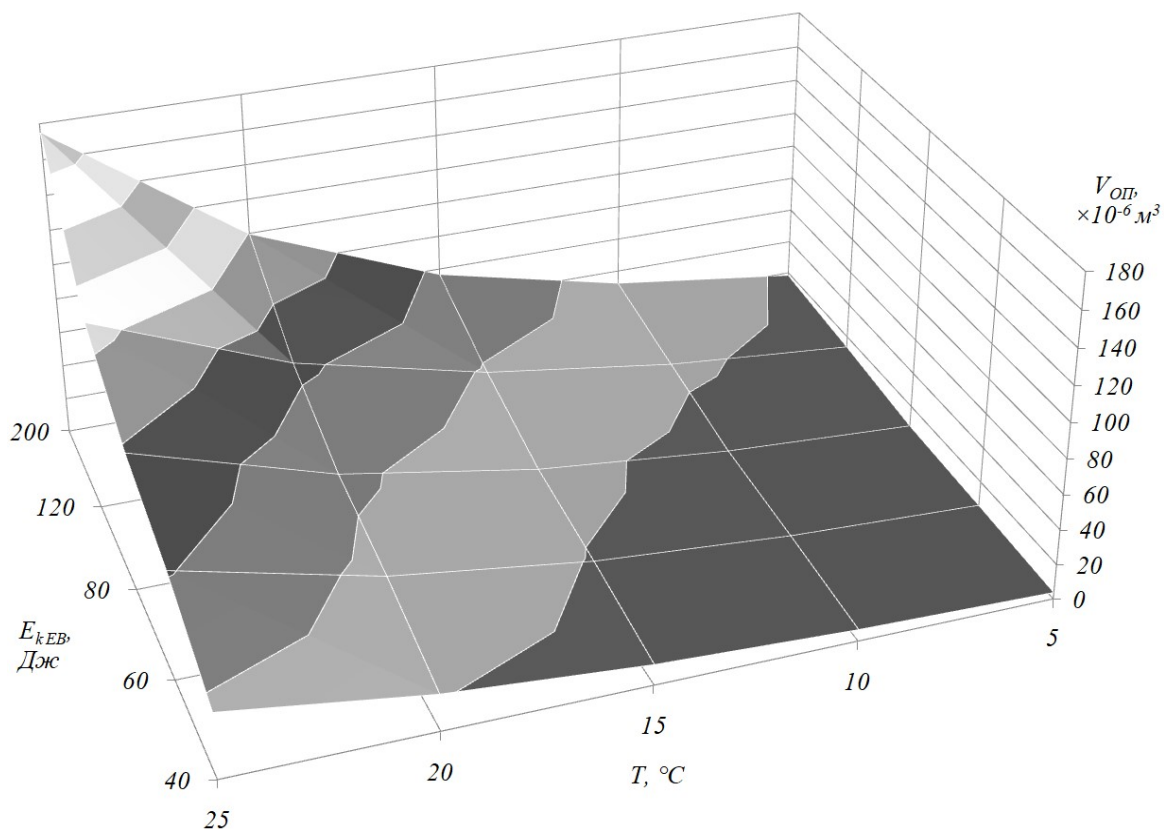


Рисунок 3 – Залежність об'єму остаточної порожнини від температури пластилінового імітатора цілі та кінетичної енергії елемента, що вражає

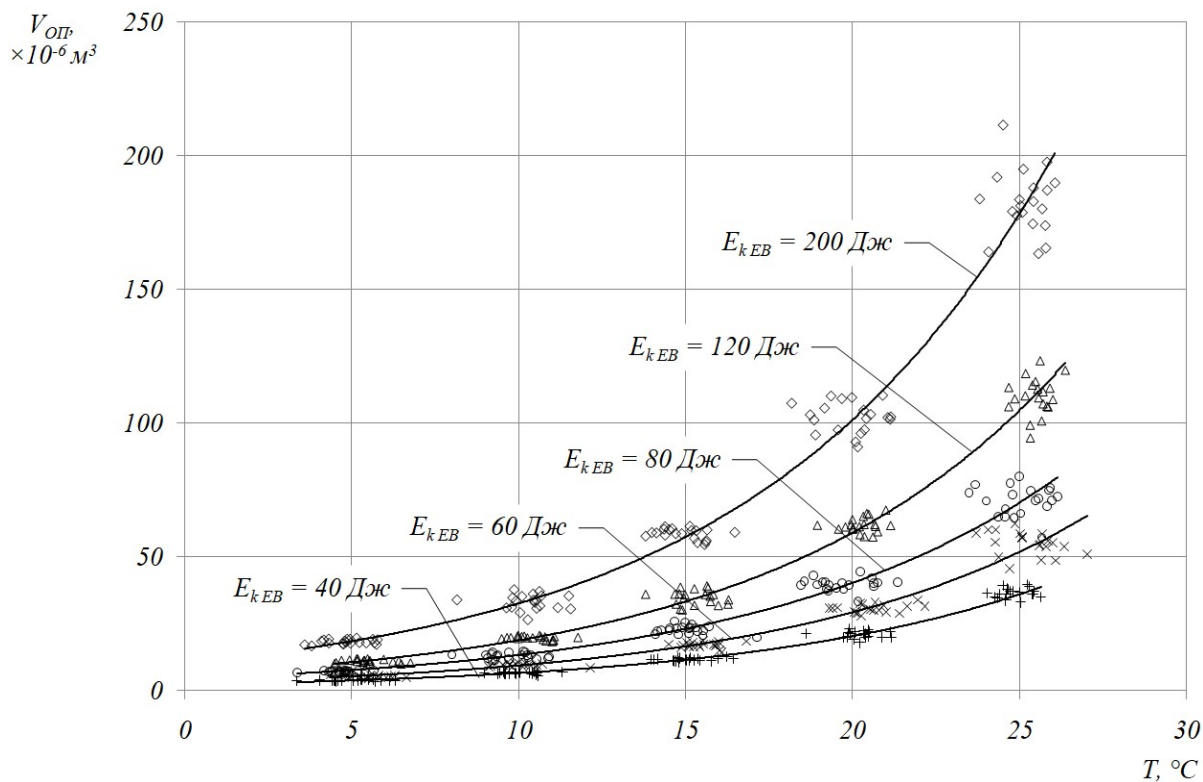


Рисунок 4 – Залежності об'єму остаточної порожнини від температури пластилінового імітатора цілі для різних значень кінетичної енергії

$$V_{\text{ОП } 200} = 10,55e^{0,113T}, \quad (1)$$

$$V_{\text{ОП } 120} = 5,943e^{0,114T}, \quad (2)$$

$$V_{\text{ОП } 80} = 4,359e^{0,111T}, \quad (3)$$

$$V_{\text{ОП } 60} = 2,969e^{0,114T}, \quad (4)$$

$$V_{\text{ОП } 40} = 2,067e^{0,114T}. \quad (5)$$

У таблиці 1 наведено чисельні дані відносного відхилення об'єму ОП $\Delta V_{\text{ОП}}$ при температурах 5 °С, 10 °С, 20 °С та 25 °С відносно об'єму за температури 15 °С, яку прийнято вважати такою, що відповідає нормальним умовам.

Таблиця 1 – Залежність відносного відхилення об'єму остаточної порожнини від температури пластилінового імітатора цілі (відносно температури 15 °С)

T, °С	$E_{k \text{ EB}}, \text{ Дж}$				
	40	60	80	120	200
	$\Delta V_{\text{ОП}}, \%$				
5	-68,2	-68,4	-67,0	-68,1	-67,7
10	-43,4	-43,3	-42,6	-43,7	-43,2
14	-10,8	-10,8	-10,5	-10,8	-10,7
15	0	0	0	0	0
16	12,3	12,6	11,7	12,1	12,0
20	76,8	76,4	74,2	76,3	75,9
25	214,8	212,6	203,4	210,1	209,5

З рисунків та таблиці виходить, що збільшення температури ППЦ веде до збільшення об'єму ОП. Зазначений вплив є нелінійним та достатньо значним. Так, навіть відхилення у 1 °С від нормальної температури змінює об'єм ОП на величину від 10 % до 12 %, що не можна вважати нехтовно малим. Забезпечення температури ППЦ на рівні нормальної само по собі є завданням нетривіальним, а проведення значних обсягів експериментальних досліджень протягом обмеженого часу з дотриманням стабільної температури імітатора цілі є практично неможливим. Це пояснюється помітним підвищенням температури пластиліну при його деформації в процесі відновлення форми блока після впливу ЕВ. Проблема може бути вирішена використанням значної кількості блоків ППЦ, але це призводить до збільшення витрат фінансових та інших ресурсів.

Отримані залежності дозволяють оцінювати вплив ЕВ на імітатор цілі в достатньо широкому діапазоні температур останнього та отримувати при цьому результати, які можуть бути порівняні. За необхідності можна привести об'єм ОП при довільній температурі ППЦ (у діапазоні від 5 °С до 25 °С) до об'єму при нормальній температурі.

Аналіз кривих (рисунок 4) нашоухує на думку, що у випадку неможливості забезпечення нормальної температури ППЦ перевагу слід віддавати більш високим температурам. На користь цього свідчить більша чутливість пластиліну до механічного впливу, що сприяє зниженню відносної похибки вимірювання об'єму ОП за умов незмінності засобів та способів вимірювання.

Висновки

1. Отримано емпіричні залежності об'єму остаточної порожнини в імітаторі цілі з балістичного пластиліну від температури імітатора цілі та кінетичної енергії елемента, що вражає.
2. Зазначенні залежності дозволяють оцінювати вплив ЕВ на імітатор цілі, а саме – на об'єм

остаточної порожнини у діапазоні температур ПЩ від 5 °С до 25 °С. Отримані при довільній температурі ПЩ результати можуть бути приведені до об'єму ОП при нормальній температурі. Це виключає необхідність суворо дотримуватися нормальної температури ПЩ та значно спрощує процес відповідних експериментальних досліджень.

3. З метою зниження відносної похибки вимірювання об'єму ОП доцільно віддавати перевагу більш високим температурам ПЩ (у межах досліджуваного діапазону).

4. Напрямок подальшого дослідження є встановлення зв'язку між результатами дії ЕВ з однаковими характеристиками по біологічній цілі та імітатору цілі з послідуочим встановленням відповідності пошкоджень імітатора цілі пошкодженням біологічної цілі.

Перелік джерел посилання

1. Внутрішня балістика : конспект лекцій / уклад В. І. Онда. Суми : СумДУ, 2018. 134 с.
2. Данілін Г. А., Огородніков В. П., Заволокін А. Б. Основи проектування патронів до стрілецької зброї. URL: <http://surl.li/odlug> (дата звернення: 10.10.2023).
3. Калашников В. В., Алексєнєва С. Е. Дослідження впливу конструкції кулі на процес пробивання сталеві перешкоди URL: <http://surl.li/odlxg> (дата звернення: 10.10.2023).
4. Судово-медична оцінка механізму утворення вогнестрільних пошкоджень, спричинених еластичними вражаючими елементами / Мусин Е. Х., Романько Н. А., Макаров І. Ю., Куценко К. І. URL: <http://surl.li/odmet> (дата звернення: 10.10.2023).
5. Кирилов В. М., Сабельніков В. М. Патрони стрілецької зброї. URL: <http://surl.li/odmks> (дата звернення: 10.10.2023).
6. Балаганський І. А., Мержневський Л. А. Дія засобів ураження та боєприпасів URL: <http://surl.li/odmni> (дата звернення: 10.10.2023).
7. Селіванов В. В. Боєприпаси. URL: <http://surl.li/odmut> (дата звернення: 10.10.2023).
8. Біленко О. І. Тактико-технічні характеристики стрілецької зброї для сил охорони правопорядку, які підлягають регламентації. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. № 2/10 (62). С. 28–32.
9. Біленко О. І., Пащенко В. В. Розробка тактико-технічних вимог до кінетичної зброї несмертельної дії. *Збірник наукових праць ХУПС*. Харків, 2012. Вип. 1 (30). С. 2–5.
10. Біленко О. І. Формування вимог до розкиду дульних швидкостей металевих елементів кінетичної зброї. *Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України*. Харків, 2013. Вип. 1 (21). С. 16–20.
11. Біленко О. І., Кириченко О. О. Шляхи підвищення безпечності застосування стрілецької зброї силами охорони правопорядку. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2014. № 2/3 (68). С. 35–39.
12. Біленко О. І., Пащенко В. В. Підвищення стабільності дульної швидкості поражаючих елементів кінетичної зброї несмертельної дії. *Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України*. Харків, 2010. Вип. 2. С. 5–10.
13. Біленко, О. І., Пащенко В. В. Зброя несмертельної дії для військових формувань та правоохоронних органів. *Збірник наукових праць НАПСУ*. Хмельницький, 2010. Вип. 54. С. 47–50.
14. ОУ 78-41-016:2013. Патрони несмертельної дії. Загальні технічні вимоги. Київ : МВСУ, 2013.
15. Парфенов В. Е., Самохвалова І. М. Поранення нелетальною кінетичною зброєю. URL: <http://surl.li/odlql> (дата звернення: 10.10.2023).
16. Пащенко В. В., Черніченко Ю. М. Обґрунтування потреби правоохоронних органів та військових формувань у кінетичній зброї несмертельної дії. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2012. Вип. 19. С. 63 – 67.
17. Зеркалов Д. В. Защита : хрестоматия. Київ : Наук. світ, 2008. 156 с.
18. Методичні рекомендації щодо визначення альтернативного критерію оцінки уражаючих властивостей куль травматичної дії : звіт про НДР (остаточний). Харківський наук.-дослід. ін-т судових експертиз ім. засл. проф. М. С. Бокаріуса; кер. О. В. Коломійцев, відп. викон. О. М. Герман, В. Г. Нікітюк. № держреєстрації 0116U003869. Харків, 2017. 321 с.
19. Сапелкін В. В. Оптимізація вибору імітатора біологічних тканин при моделюванні вогнепальних поранень, спричинених кулями патрона травматичної дії «Терен-12П». *Криміналістика та судова експертиза*. 2014. № 59. С. 475 – 484.

20. Біленко О. І., Марченко В. В. Обґрунтування вибору імітатора цілі для дослідження дії елемента, що вражає, кінетичної зброї не смертельної дії. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2023. № 1 (41). С. 49–56.
21. Гуров А. М., Куценко С. В., Щербак В. В. Диагностические критерии установления вида кинетического снаряда при выстрелах из травматического оружия. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2011. № 11. С. 297 – 303.
22. Филиппчук О. В., Гуров А. М. Особенности применения баллистического желатина как имитатора биологических тканей человека. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики* : зб. наук. пр. Харків : Право, 2015. Вип. 15. С. 367 – 373.
23. Озерецьковський Л., Гребнев Д., Головка К., Альтов Д. Травматичний діагноз. *Калашніков. Зброя, боєприпаси, спорядження*. 2009. № 8. С. 66–88.
24. Криворучко А. В., Марченко О. С., Махінч О. В. Аналіз впливу параметрів кулі на ступінь виведення цілі з ладу при веденні снайперського вогню. *Сучасна спеціальна техніка*. 2011. № 2 (25). С. 24 – 27.
25. Негодуйко В. В. Діагностика та видалення сторонніх тіл м'яких тканин вогнепального походження (експериментально-клінічне дослідження) : автореф. дис. д-ра мед. наук : 14.01.03. Харків, 2019. 44 с.
26. Озерецьковський Л. Б., Тюрин М. В., Денисов А. В. Особливості судово-медичної експертизи при вогнепальних пораненнях через бронезилет. *Судово-медична експертиза*. URL : <http://surl.li/oezwq> (дата звернення: 10.10.2023).
27. С. Humphrey, J. Kumaratilake. Ballistics and anatomical modelling. *A review Legal Medicine*. 23 (2016). Pp. 21 – 29.
28. James R. Jauchem. An Animal Model to Investigate Effectiveness and Safety of Conducted Energy Weapons. *J Forensic Sci*. March 2010. Vol. 55. No. 2.
29. JTS Chan and RSD Yeung. A study on police bean bag injuries in a pork model. *HongKong j. emerg. med*. April 2003. Vol. 1.0 (2).
30. Study of less lethal projectiles blunt impacts on the thorax by experiments on pig thoracic cages and numerical simulations / Langlet A., Pavier J., Eches N. & Bailly P. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 2015.
31. Nicholas Russell Maiden. The Assessment of Bullet Wound Trauma Dynamics and the Potential Role of Anatomical Models. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. 2014. 150 p.
32. Comparison of thoracic wall behavior in large animals and human cadavers submitted to an identical ballistic blunt thoracic trauma / Nicolas Prat et al. *Forensic Science International*. 222 (2012). Pp. 179 – 185.
33. Dean Dahlstrom, Kramer Powley, DerykPenk. 12 gauge bean bag ammunition penetration. *Journal of the international wound ballistics association*. 2000. Vol 3. No. 3.
34. Леонов С. В., Пинчук П. В., Гоникштейн Ю. Г. Характеристика вогнепальних ушкоджень біологічних імітаторів, спричинених пострілами з травматичного пістолета МР-341 «ХАУДА». URL: <http://surl.li/odlaz> (дата звернення: 10.10.2023).
35. Experimental penetration of fragment simulating projectiles into porcine tissues compared with simulants / J. Breeze et al. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 20 (2013). Pp. 296 – 299.
36. Колос О. П. Судово-медична характеристика пошкоджень різних видів тканин (матеріалів) одягу при пострілах з використанням патронів «ПНД-9П», споряджених еластичними кулями. *Військова медицина України*. 2009. Т. 9. № 4. С. 94 – 101.
37. Kneubuehl B. *Wundballistik: Grundlagen und Anwendungen* [etal.]. Berlin : Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2008. 492 p.
38. Drag and tumbling behavior of small caliber projectiles in issue stimulant / B. Janzon et al. *Acta chir. Scand*. 1979. S. 489. Pp. 57–71.
39. Scepanovic D. Steel ball effect – investigation of shooting at blocks of soap. *Acta 40. chir. Scand*. 1979. S. 489. Pp. 71 – 81.
40. Експериментальне моделювання залишкової ранової порожнини на балістичному пластиліні з використанням стандартних та експансивних куль / І. А. Лурін та ін. *Медична наука України*. 2021, Т. 17, № 4. С. 10 – 17.
41. Озерецьковський Л., Гребнев Д., Головка К., Альтов Д. Травматичний діагноз. URL: <http://surl.li/oezqf> (дата звернення: 10.10.2023).

42. Сапелкін В. В. Оцінка уражаючих властивостей кулі травматичної (несмертельної) дії патрона «Терен-12п» на основі розрахунків довжини спричиненого нею ранового каналу. *Судово-медична експертиза*. 2014. № 1. С. 38 – 41.

43. Коломийцев А. В., Сапелкин В. В. Определение баллистических характеристик и поражающих свойств патронов самодельного снаряжения калибра 7,62×39. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2017. Вип. 17. С. 227 – 235.

44. Озерецьковський Л. Б., Гуманенко Е. К., Бояринцев В. В. Ранева балістика. Історія і сучасний стан вогнепальної зброї та засобів індивідуального захисту. URL: <http://surl.li/ofamo> (дата звернення: 10.10.2023).

45. Біленко, О. І., Пащенко В. В. Дослідження відповідності тактико-технічних характеристик кінетичної зброї несмертельної дії вимогам практики її застосування. *Честь і закон*. 2011. № 3. С. 107–111.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2023 р.

UDC 623.44

О. Bilenko, V. Marchenko

THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE OF A BALLISTIC PLASTIC TARGET SIMULATOR ON THE RESULTS OF THE ACTION OF THE IMPACTING ELEMENT

Due to the complexity of modeling terminal ballistics processes and the necessity to apply numerous assumptions, the investigation of the impact of the projectile's energy characteristics on the target is best conducted using experimental methods. Ballistic plasticine, especially the "Beschussmasse" brand, is widely used for simulating processes associated with firearm injuries. A challenge with any target simulator is the temperature dependence of its mechanical properties. Decreased temperatures lead to increased strength and reduced plasticity of materials and vice versa. It has been established that the volume and shape of the cavity depend not only on the target simulator's temperature but also on the kinetic energy of the impacting element.

The research has yielded empirical relationships between the volume of the final cavity in the ballistic plasticine target simulator and the temperature of the target simulator and the kinetic energy of the impacting element. These relationships allow for the assessment of the impact of the striking element on the target simulator, specifically on the volume of the final cavity within the temperature range of the plasticine target simulator from 5°C to 25°C.

Results obtained at any given temperature of the target simulator can be adjusted to the volume of the final cavity at normal temperature. This eliminates the need to strictly adhere to the normal temperature of the target simulator, significantly simplifying the process of related experimental research.

To reduce the relative error in measuring the volume of the final cavity, it is advisable to prefer higher temperatures of the target simulator (within the investigated range).

The direction of further research involves establishing the relationship between the effects of the impacting element with identical characteristics on a biological target and a target simulator, followed by correlating the damages of the target simulator to the biological target.

Keywords: firearms, impacting element, energy characteristics, terminal ballistics, target simulator, kinetic non-lethal weapons.

Біленко Олександр Іванович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри оперативного та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0001-6007-3330>

Марченко Володимир Володимирович – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0001-9670-638X>