

УДК 623.1

М.А. Мовчан,
кандидат юридичних наук,
С.Г. Осьмак

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС ВПЛИВУ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

У статті висвітлено основні критерії визначення балістичної стійкості засобів бронезахисту. Проаналізовано окремо визначені фактори, що впливають на характеристики стійкості матеріалів до засобів ураження в процесі балістичних випробувань.

Ключові слова: засоби бронезахисту, засіб ураження, ураження, швидкісний поріг, пробиття, випробування.

В статье рассмотрены основные критерии определения баллистической стойкости средств бронезащиты. Проанализированы отдельно определенные факторы, влияющие на характеристики устойчивости материалов к средствам поражения в процессе баллистических испытаний.

Ключевые слова: средства бронезащиты, средство поражения, поражения, скоростной порог, пробитие, испытания.

In the paper the basic criteria for determining the stability of ballistic body armor means are considered. The factors influencing the stability properties of materials for weapons during ballistic tests are analyzed .

Keywords: armor, means of destruction, damage, speed limit, penetration, testing.

Питання визначення якості балістичної стійкості засобів бронезахисту останнім часом досить актуально розглядається як вченими, так і практичними користувачами. Основним критерієм, який так чи інакше розглядається в цьому аспекті, є саме розуміння механізму забезпечення стійкості засобів бронезахисту та визначення основних процесів, що виникають при взаємодії засобів ураження та захисних матеріалів.

Загальне науково-теоретичне підґрунтя дослідження цього питання становлять наукові праці провідних вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як Лоторєв В.О., Смерницький Д.В., Беляков К.І., Марченко О.С., Михальов В.О., Донченко С.О., Чайка І.В., Хоменко В.М., Сільников М.В., Хімічев В.А., Сальников В.П., Сухорученко В.С., Московченко В.М.

Проте ця проблематика висвітлювалась частково, лише в розрізі самого поняття засобів бронезахисту, їх класифікації. Питання розгляду балістичних матеріалів, а також основних аспектів їх захисних властивостей у системі “засіб ураження – перешкода” практично не досліджувалися.

Практична реалізація розуміння захисних характеристик матеріалів викликана необхідністю розуміння та реалізації найбільш ефективного використання засобів

захисту. До цієї умови належить безпосередньо процес взаємодії засобу ураження із захисним матеріалом та його зміна залежно від умов взаємодії.

Виходячи з наведеного, метою цієї роботи є дослідження методів визначення показників дії окремих засобів ураження на балістичні матеріали, що використовуються при створенні засобів індивідуального бронезахисту та встановлення основних критеріїв оцінки стійкості таких матеріалів.

На цей час основним нормативним документом, що регулює процес створення та виготовлення засобів індивідуального бронезахисту, є ДСТУ В 4103-2002 “Засоби індивідуального захисту. Бронежилети. Загальні технічні умови”. Зазначений документ врегульовує порядок виготовлення, поділяє на категорії бронежилети за відповідними класами та окремими видами їх конструктивного виконання [1]. Вимоги ДСТУ В 4104-2002 встановлюють методи визначення відповідності виробів бронезахисту, зокрема бронежилетів, окремим класам захисту [2]. Водночас питання визначення оцінки самих матеріалів на початковому етапі розробки та створення засобів бронезахисту до сфери дії зазначених стандартів не віднесено та не врегульовано загалом.

Реалізація можливості проведення оцінки матеріалів, у першу чергу, дозволить більш якісно визначити характеристики сировини (особливо з появою нових видів матеріалів) та скоротити час розробки захисної структури самого засобу бронезахисту.

Питання визначення характеристик балістичної стійкості матеріалів полягає в дослідженні процесу взаємодії засобів ураження (куля, осколки) з елементами захисту та залежить від впливу численних факторів. Наприклад, умови наближення засобу ураження до захисного елемента характеризуються не тільки швидкістю його поступального руху, що, як правило, становить сотні метрів за секунду, але й характеристиками прицесійно-нутаційного руху кулі, які в початковий момент контакту можуть вважатися випадковими. Саме тому навіть для конкретного процесу взаємодії засобу ураження з перешкодою притаманний випадковий характер, а балістична стійкість захисного елемента в цьому випадку характеризується статистичним розподілом ймовірності непробиття залежно від швидкості вражаючого елемента з урахуванням інших окремих характеристик процесу взаємодії.

Як правило, балістична стійкість засобів захисту визначається експериментально, тобто безпосередньо в результаті створення взаємодії із засобом ураження.

У результаті наукових та практичних світових досліджень основними характеристиками балістичної стійкості засобів захисту залежно від окремих факторів, що використовуються, є:

- швидкісний поріг кондиційного ураження ($V_{пк\kappa}$) – максимальний показник швидкості уражаючого елемента, нижче значення якого досягається (практично 100 %) непробиття засобу захисту. Об’єктивний показник цієї характеристики, як правило, досягається лише в ході контакту засобу ураження (що рухається по нормалі до поверхні елемента захисту) з перешкодою;

- швидкісний поріг наскрізного пробиття ($V_{пнп}$) – мінімальний показник швидкості уражаючого елемента, вище значення якого досягається (практично 100 %) пробиття засобу захисту. Цей показник досягається аналогічно попередньому лише в ході контакту засобу ураження з елементом захисту;

- швидкісний поріг (V_{50}), – показник швидкості уражаючого елемента, при якій ймовірність пробиття, а також непробиття захисного елемента становить

50 %. Ця характеристика досить широко використовується при оцінці якості захисних матеріалів, вхідному контролю бронематеріалів;

– поріг кондиційного ураження відносно кута взаємодії ($\alpha_{\text{пк}})$ – значення кута контакту уражаючого елемента із засобом захисту за показниками відхилення траєкторії руху засобу ураження від нормалі до поверхні елемента. Таким чином, при збільшенні значення відхилення траєкторії руху засобу ураження від нормалі в процесі контакту досягається (практично 100 %) непробиття захисного елемента. Існування цієї характеристики пов'язано з тим, що конструктивна зміна кута захисного елемента засобів захисту є одним із способів підвищення його балістичної стійкості [7, с. 6].

Слід зазначити, що згадані характеристики балістичної стійкості засобів захисту припускають ймовірності пробиття захисного елемента залежно від швидкості уражаючого елемента в момент контакту із засобом захисту та кута їх взаємодії. Таким чином, можна свідомо припустити, що чим вище швидкість уражаючого елемента в момент взаємодії із засобом ураження, тим більша ймовірність пробиття захисного елемента і навпаки, але лише при інших рівних умовах. І, відповідно, при максимальному наближенні до 0° кута взаємодії від нормалі до поверхні перешкоди, збільшується ймовірність пробиття захисного елемента [6, с. 86].

На сьогодні, враховуючи вартісно організаційні показники проведення балістичних випробувань, пріоритетним є напрям розробки інформативних методів дослідження балістичних характеристик засобів захисту, практична реалізація яких дозволить визначити оптимальні захисні структури елементів захисту при мінімальних затратах часу і коштів.

Розглянемо більш детально аспекти визначення якісних показників захисних елементів на прикладі визначення значення швидкості кондиційного ураження ($V_{\text{пк}}$) при проведенні балістичних випробувань. Безпосередньо при проведенні випробувань проводиться обстріл захисного елемента з варіюванням швидкості вражаючого елемента. Різниця максимальної та мінімальної швидкості при цьому, як правило, має бути не більше 20 м/с. Обов'язковою умовою випробувань є досягнення в діапазоні швидкостей із зазначеною вище різницею результатів як пробиття, так і непробиття захисного елемента.

Варто також зазначити про недоліки такого методу визначення межі значення швидкості кондиційного ураження.

1. Як базова точка визначення $V_{\text{пк}}$ використовується випадково отриманий результат – мінімальна швидкість пробиття, ймовірність появи якого близька до нуля.

2. При визначенні використовується не вся інформація, отримана під час проведення випробувань, а тільки результати 5–7 дослідів, тобто менше половини отриманих результатів.

3. Середнє значення результатів випробувань, проведених у зазначеному інтервалі швидкостей [$V_{\text{мін проб}} \dots (V_{\text{мін проб}} - 20 \text{ м/с})$], може спричинити зміну значення $V_{\text{пк}}$ в межах до 20 м/с залежно від конкретно отриманих значень швидкостей у заданому інтервалі.

4. Отримання факту непробиття захисного елемента із залікових влучень не означає 100 % ймовірність непробиття.

5. У цьому процесі не проводиться визначення іншого, не менш важливого значення швидкості межі наскрізного пробиття $V_{\text{ппп}}$.

Для визначення значення швидкості межі наскрізного пробиття $V_{\text{ппп}}$ слід було б продовжити випробування в діапазоні швидкостей на 20 м/с вище максимальної швидкості непробиття (наприклад, від 540 до 560 м/с), і якщо в цьому діапазоні можливо було б отримати не менше 5–7 результатів пробиття, то їх середнє арифметичне значення є значенням $V_{\text{ппп}}$. Якщо ж при швидкості більшій, ніж 560 м/с буде отримано ще непробиття, тоді слід продовжити випробування від цього нового значення максимальної швидкості непробиття за описаною вище методологією.

Аналогічним способом визначається значення межі кондиційного і некондиційного пробиття за кутом. При цьому значення зміни кута повинне бути рівним 2° , а швидкість при контакті має бути відносно постійною, тобто перебувати в межах ± 10 м/с від заданого значення.

Найбільш вірогідною характеристикою балістичної стійкості засобів захисту, яка визначається за отриманими в балістичних експериментах даними, є швидкісний поріг V_{50} , який досить широко використовується в процесі виробництва засобів захисту як критерій оцінки виготовленої продукції і слугує нормою якості. Зокрема, у військових стандартах США для сталі, що використовується як елемент бронювання засобів захисту, а також для окремих сплавів кольорових металів, зокрема алюмінію марки 5083 і 5456, показник V_{50} є характеристикою оцінки можливості використання цих захисних матеріалів при виробництві бронеавтомобілів [3].

Виходячи з наведеного, значення V_{50} прямо впливає на процес виробництва матеріалів для використання в засобах захисту, а також на ризики виробника і замовника, що зумовлює необхідність удосконалення методик її визначення. Крім того, якість методичного забезпечення, що визначає точність оцінки фактичного рівня захисних характеристик, уносить свій внесок у розвиток і оптимізацію конструктивних параметрів елементів захисту. Підвищення точності і надійності визначення рівня балістичної стійкості засобів захисту дозволяє оптимізувати їх захисну структуру, усунути не обґрунтований запас, мінімізувати масу зразка, що насамкінець визначає технічну досконалість засобу захисту в цілому.

На цей час до захисних структур з мінімально допустимою масою досить часто висувається вимога забезпечення 100 %-го непробиття при впливі певного засобу ураження. При оцінці якості конкретної захисної структури, наприклад під час приймання продукції у виробництві, призначеної для забезпечення балістичного захисту, проводяться випробування на підтвердження заданих вимог. З позицій теорії ймовірності та математичної статистики, надійність захисної структури матеріалу можна оцінити шляхом визначення значення позитивної ймовірності і, залежно від кількості випробувань та отриманих фактів пробиття, встановити нижню межу можливості забезпечення балістичної стійкості захисного елемента, яка і характеризує його надійність [4, с. 63].

Значення V_{50} , зокрема, є статистичним. Для його визначення необхідно провести досить велику кількість випробувань. Важливим аспектом є визначення умов, що забезпечують зменшення обсягу випробувань без зниження об'єктивності одержаного результату.

Як склалося практично, методика експериментального визначення V_{50} полягає в проведенні певної кількості балістичних випробувань (не менше 20 дослідів) із

прямопропорційною змінною швидкістю ураження, тобто зменшення швидкості уражаючого елемента при наступному пострілі після отримання пробиття випробовуваного елемента або збільшення швидкості уражаючого елемента після його непробиття. Випробування проводяться, починаючи із заданої в технічних вимогах швидкості, з поступовою зміною швидкості уражаючого елемента як у бік зростання, так і її зниження, при цьому в процесі випробувань визначаються:

– $V_{\max \text{ непр}}$ – показник максимальної швидкості непробиття зразка, тобто це швидкість, при якій відсутній пробій, однак при збільшенні цього показника швидкості результатом випробувань є лише пробиття зразка;

– $V_{\min \text{ проб}}$ – показник мінімальної швидкості пробиття випробовуваного зразка, тобто швидкість, нижче якої не спостерігаються випадки його пробиття [5, с. 172].

З огляду на викладене допустимі 2 варіанти.

1) $V_{\min \text{ проб}} < V_{\max \text{ непр}}$, тобто є зона змішаних результатів – діапазон швидкостей, у якому спостерігається як пробиття, так і непробиття. Цей випадок характерний для більшості захисних матеріалів на основі спеціальних тканин та металу, при цьому показник зазначеної швидкісної зони досягає значень десятків метрів на секунду.

2) $V_{\min \text{ проб}} > V_{\max \text{ непр}}$, тобто зона змішаних результатів відсутня, таким чином межа між граничними межами пробиття і непробиття випробовуваного зразка досить різка. На практиці такий випадок зустрічається відносно рідко.

Безпосередньо в процесі проведення випробувань швидкість може варіюватися у великих межах, тому, перш за все, є важливим аспектом визначення залікового діапазону швидкостей, оскільки непробиття випробовуваного зразка при відносно низькій швидкості, а також його пробиття при високій швидкості очевидні і не несуть значимої інформативності. Найбільш інформативними є результати, отримані в діапазоні швидкостей, наближених до значень зони змішаних результатів. При цьому показники межі цієї зони мають істотне значення і повинні бути підтвердженими.

З огляду на викладене та підсумовуючи наведене, варто зазначити, що на цей час питання практичного вирішення реалізації можливості проведення оцінки матеріалів балістичного захисту досить вузько реалізовано. Безумовно, саме практична реалізація визначених методів дозволить більш якісно досліджувати захисні структури та матеріали, що використовуються для створення засобів індивідуального бронезахисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Засоби індивідуального захисту. Бронежилети. Загальні технічні умови : ДСТУ В 4103-2002. – Введ. в дію 12.06.2002. – К. : Держстандарт України, 2002. – 15 с.
2. Засоби індивідуального захисту. Вироби бронезахисту. Методи контролю балістичної стійкості бронежилетів : ДСТУ В 4104-2002. – Введ. в дію 12.06.2002. – К. : Держстандарт України, 2002. – 19 с.
3. MIL-STD-662F, MILITARY STANDARD: V50 BALLISTIC TEST FOR ARMOR (18 DEC 1997) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0500-0699/MIL-STD-662F_6718.
4. Сильников М. В., Химичев В. А. Средства индивидуальной бронезащиты. Учебное пособие / Под общей редакцией В. П. Сальникова. Санкт-Петербургский университет МВД России; Академия права, экономики и безопасности жизнедеятельности. – СПб.: Фонд “Университет”, 2000. – 480 с. (Серия: “Спецтехника органов внутренних дел”).
5. Легкие баллистические материалы / Под ред. А. Бхатнагара. – М.: Техносфера, 2011. – 392 с.

6. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / В.А. Григорян, И.Ф. Кобылкин, В.М. Маринин, Е.Н. Чистяков. Под ред. В.А. Григоряна. – М.: Изд. РадиоСофт, 2008. – 406 с.

7. Средства индивидуальной бронезащиты (Руководство службы). – М.: Братишка, 2004. – 80 с.

Отримано 04.11.2016

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.